

PERPUSTAKAAN FTSP UII

HADIAN/BELI

TGL. TERIMA :

29 03 2003

NO. JUDUL :

080 394

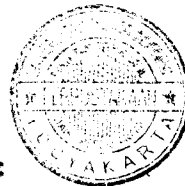
NO. INV. :

512 0000354 001

NO. INDIK. :

TUGAS AKHIR

**PENGARUH SUBSTITUSI AGREGAT KASAR GENTENG
TERHADAP KUAT DESAK BETON *FLY ASH*
(STUDI KOMPARASI)**



Disusun Oleh :

Nama : Muhamad Agung Patridina
No. Mhs : 97 511 037
NIRM : 970051013114120033

Nama : Dwi Hartono
No. Mhs : 97 511 111
NIRM : 970051013114120091

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2003**

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR
PENGARUH SUBSTITUSI AGREGAT KASAR GENTENG
TERHADAP KUAT DESAK BETON *FLY ASH*
(*STUDI KOMPARASI*)

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh :

Nama : Muhamad Agung Patridina
No. Mhs : 97 511 037
NIRM : 970051013114120033

Nama : Dwi Hartono
No. Mhs : 97 511 111
NIRM : 970051013114120091

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2003

TUGAS AKHIR

**PENGARUH SUBSTITUSI AGREGAT KASAR GENTENG
TERHADAP KUAT DESAK BETON *FLY ASH*
(*STUDI KOMPARASI*)**

Disusun Oleh :

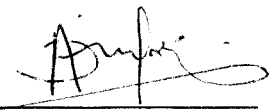
Nama : Muhammad Agung Patridina
No. Mhs : 97 511 037
NIRM : 970051013114120033

Nama : Dwi Hartono
No. Mhs : 97 511 111
NIRM : 970051013114120091

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. M. Samsudin, MT.

Dosen Pembimbing I


Tanggal : 8 - 03 - 03

Ir. H. Kasam, MT.

Dosen Pembimbing II


Tanggal : 8 - Maret - 2003

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alikum Wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmad dan hidayat-Nya kepada kita semua, khususnya kepada penyusun, karena dengan Kasih dan Sayang-Nyalah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Sholawat dan salam semoga selalu terlimpahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat, ulama, dan pengikutnya hingga akhir hayat.

Tugas akhir ini dalam bentuk penelitian laboratorium dengan “PENGARUH SUBSTITUSI AGREGAT KASAR GENTENG TERHADAP KUAT DESAK BETON *FLY ASH (STUDI KOMPARASI)*” ini kami ajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat strata satu (S1) pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Hal ini tidak terlepas dari dukungan serta sumbangan pikiran berbagai pihak yang selalu memberikan motivasi dalam menghadapi hambatan yang terjadi selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan. Untuk itu dengan segala keikhlasan hati penyusun haturkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, PhD, selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. M. Samsudin, M.T. , selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Ir. H. Kasam, M.T. ,selaku Dosen Pembimbing II.

4. Bapak, Ibu tercinta, Kakak dan Adik yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan moril maupun materiil dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Segenap karyawan Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik dan karyawan di lingkungan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
6. Rekan – rekan mahasiswa seperjuangan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Univesitas Islam Indonesia.
7. Pihak – pihak lain yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif dalam pengembangan di masa mendatang. Penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa teknik sipil dan pembaca pada umumnya.

Akhir kata semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua sehingga kita sebagai hamba-Nya bisa senantiasa mensyukuri nikmat yang telah diberikan oleh-Nya dan kita dapat selalu berkreasi untuk mencapai hal yang lebih baik dari apa yang telah kita peroleh sekarang. Amin.

Wassalamu'alikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Maret 2003

Penyusun
M. AGUNG PATRIDINA
DWI HARTONO

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
INTISARI	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Lingkup Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
BAB III. LANDASAN TEORI	9
3.1 Umum.....	9
3.2 Material Penyusun Beton	10
3.2.1 Semen	10
3.2.2 Agregat halus	12

3.2.3 Agregat kasar	13
3.2.4 Air	14
3.3 Bahan Tambah Pozzolan	15
3.4 Abu Terbang (<i>fly ash</i>)	18
3.5 Genteng.....	20
3.6 Faktor Air Semen	21
3.7 Slump	23
3.8 Workability	23
3.9 Metode Perencanaan Adukan Beton	24
3.10 Kekuatan Beton	29
3.11 Berat Jenis	31
3.12 Modulus Elastis	32
BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN	34
4.1 Pengumpulan Data	34
4.2 Analisis data.....	34
4.3 Persiapan Bahan dan Alat	35
4.3.1 Pemeriksaan bahan	35
4.3.2 Peralatan penelitian	36
4.4 Prosedur Penelitian	37
4.5 Perencanaan Perhitungan Campuran Beton	39
4.6 Pembuatan Campuran Beton	42
4.7 Pengujian Slump	43
4.8 Pembuatan Benda Uji	43

4.9 Perawatan Benda Uji	44
4.10 Pengujian Benda Uji	44
BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	46
5.1 Hasil Penelitian	46
5.2 Hasil Pengujian	48
5.3 Pembahasan	76
5.3.1 Berat jenis beton	76
5.3.2 Kuat tekan beton	77
5.3.3 Modulus elastisitas beton	81
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	82
6.1 Kesimpulan	82
6.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	85

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Susunan unsur dalam semen (<i>Neville, 1975</i>)	11
Tabel 3.2 Komposisi unsur utama semen Portland (<i>Neville, 1975</i>)	11
Tabel 3.3 Sifat fisik standar pozzolan (<i>Murdock dan Brook, 1991</i>)	17
Tabel 3.4 Sifat kimia standar pozzolan (<i>Murdock dan Brook, 1991</i>)	17
Tabel 3.5 Komposisi sifat fisik fly ash (<i>Standar ASTM</i>)	19
Tabel 3.6 Komposisi kimia fly ash dalam satuan persen berat (<i>ASTM</i>)	19
Tabel 3.7 Tingkat mutu dan kekuatan terhadap beban lentur (<i>PUBI-1982</i>).....	21
Tabel 3.8 Nilai slump untuk berbagai macam struktur (<i>Tjokrodumuljo, 1992</i>)..	23
Tabel 3.9 Nilai K untuk beberapa keadaan (<i>Tjokrodumuljo, 1992</i>).....	25
Tabel 3.10 Nilai deviasi standar (kg/cm^2) (<i>Tjokrodumuljo, 1992</i>).....	26
Tabel 3.11 Faktor modifikasi simpangan baku untuk data uji kurang dari 30 Sampel (<i>Tjokrodumuljo, 1992</i>).....	26
Tabel 3.12 Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan silinder beton umur 28 hari (<i>Tjokrodumuljo, 1992</i>)	26
Tabel 3.13 Fas berdasarkan pengaruh tempat elemen (<i>Tjokrodumuljo, 1992</i>)...	27
Tabel 3.14 Nilai slump berdasarkan penggunaan jenis elemen (<i>Tjokrodumuljo, 1992</i>).....	27
Tabel 3.15 Perkiraan nilai slump berdasarkan ukuran maksimum agregat (<i>Tjokrodumuljo, 1992</i>).....	28

Tabel 3.16 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per- m^3 beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir pasir (m^3) (<i>Tjokrodimuljo, 1992</i>)	29
Tabel 4.1 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian	36
Tabel 5.1 Gradasi pasir alam asal Sungai Boyong	47
Tabel 5.2 Hasil kuat desak beton <i>fly ash</i> dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 0%.....	49
Tabel 5.3 Hasil kuat desak beton <i>fly ash</i> dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 20%	50
Tabel 5.4 Hasil kuat desak beton <i>fly ash</i> dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 40%	51
Tabel 5.5 Hasil kuat desak beton <i>fly ash</i> dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 60%	52
Tabel 5.6 Hasil kuat desak beton <i>fly ash</i> dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 80%	53
Tabel 5.7 Hasil kuat desak beton <i>fly ash</i> dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 100%	54
Tabel 5.8 Berat jenis rata-rata beton	55
Tabel 5.9 Kuat tekan rata-rata beton	57
Tabel 5.10 Tegangan dan regangan beton pada pengujian kuat tekan beton umur 14 dan 28 hari dengan 6 variasi	58
Tabel 5.11 Modulus elastis beton umur 28 hari	75

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Hubungan kuat desak beton dengan prosentase pecahan genteng umur 28 hari	7
Gambar 2.2 Hubungan kuat desak beton dengan prosentase abu sekam umur 28 hari	7
Gambar 2.3 Hubungan kuat desak beton terkekang dengan prosentase fly ash umur 28 hari	8
Gambar 3.1 Hubungan kuat desak beton dengan nilai fas (Tjokrodimuljo, 1992).....	22
Gambar 3.2 Hub.non-linier antara tegangan dan regangan	32
Gambar 3.3 Hub.linier tegangan dan regangan pada nilai tegangan rendah.....	32
Gambar 4.1 Bagan alir prosedur penelitian	38
Gambar 5.1 Grafik berat jenis rata-rata beton	56
Gambar 5.2 Grafik kuat tekan rata-rata beton	57
Gambar 5.3 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 0 % (V1) umur 14 hari	59
Gambar 5.4 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 20% (V2) umur 14 hari	60
Gambar 5.5 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 40% (V3) umur 14 hari	61
Gambar 5.6 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 60% (V4) umur 14 hari	62

Gambar 5.7 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 80% (V5) umur 14 hari	63
Gambar 5.8 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 100% (V6) umur 14 hari	64
Gambar 5.9 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 0% sampai dengan 100% umur 14 hari	65
Gambar 5.10 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 0% (V1) umur 28 hari	66
Gambar 5.11 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 20% (V2) umur 28 hari	67
Gambar 5.12 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 40% (V3) umur 28 hari	68
Gambar 5.13 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 60% (V4) umur 28 hari	69
Gambar 5.14 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 80% (V5) umur 28 hari	70
Gambar 5.15 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 100% (V6) umur 28 hari	71
Gambar 5.16 Grafik tegangan regangan beton dengan prosentase genteng 0% sampai dengan 100% umur 28 hari	72
Gambar 5.17 Grafik modulus elastis beton umur 28 hari	75
Gambar 5.18 Sampel beton yang telah diuji pada umur 28 hari.....	80

INTISARI

Perkembangan dalam bidang industri tidak hanya memiliki implikasi yang positif akan tetapi juga dapat memiliki implikasi yang negatif seperti hasil bahan limbah industri yang setiap harinya makin menumpuk. Kemajuan teknologi sederhana dan tingkat madya sedang digalakkan di Indonesia terutama terutama teknologi dalam perencanaan kontruksi bangunan. Beton merupakan salah satu elemen kontruksi yang sekarang masih murah harganya bila dibandingkan dengan elemen struktur lainnya. Oleh karena itu perlu adanya penelitian-penelitian untuk mendapatkan alternatif baru dalam pembuatan beton. Untuk itu pemanfaatan abu terbang (Fly ash) dengan kandungan silikat sebesar 59,99 % dapat digunakan sebagai bahan pozzolan, dan Limbah pecahan genteng yang dapat digunakan sebagai campuran pada agregat kasarnya.

Studi komparasi pemanfaatan limbah industri dalam perancangan adukan beton yang telah dikembangkan, salah satunya adalah penelitian ini. Penelitian dilakukan dengan uji kuat desak beton pada umur 14 hari dan 28 hari.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa beton dengan pemakaian fly ash sebanyak 17,5% yang dibuat dengan campuran pecahan genteng dari Godean dan batu pecah memiliki berat jenis rata-rata adalah $2,408 \text{ gr cm}^3$ untuk variasi-1 (BV 1) dan variasi-6 (BV 6) sebesar $2,030 \text{ gr cm}^3$. Kuat tekan beton fly ash dengan pemakaian limbah pecahan genteng dari godean paling besar pada prosentase campuran batu pecah 20% dan pecahan genteng dari godean 80% sebesar $247,820 \text{ kg cm}^2$, tetapi lebih rendah bila dibandingkan dengan kuat tekan beton fly ash yang tidak menggunakan limbah pecahan genteng dari godean sebesar $378,567 \text{ kg cm}^2$. Sedangkan modulus elastisitas yang dihasilkan oleh beton fly ash dengan variasi campuran batu pecah dan limbah pecahan genteng dari godean sebesar $1,112 \cdot 10^5 \text{ kg cm}^2$ lebih rendah bila dibandingkan dengan beton fly ash yang menggunakan agregat normal yaitu sebesar $3,681 \cdot 10^5 \text{ kg cm}^2$.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dalam bidang industri tidak hanya memiliki implikasi yang positif akan tetapi juga dapat memiliki implikasi yang negatif seperti hasil bahan limbah industri yang setiap harinya makin menumpuk. Begitu pula dalam hal perkembangan teknologi dibidang konstruksi yang tidak pernah terlepas dari upaya penciptaan alternatif teknologi yang cukup inovatif. Usaha yang serius terhadap upaya perkembangan teknologi yang inovatif perlu didukung oleh beberapa penelitian. Penelitian yang sudah sering dilakukan secara umum pada dasarnya menggunakan teknologi sederhana yang memanfaatkan sumber daya lokal termasuk pemanfaatan limbah industri belumlah banyak.

Kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat. Dengan makin menipisnya cadangan minyak bumi dan batu bara, maka diperlukan langkah efisien dalam pemanfaatan sumber energi tersebut. Dengan cadangan yang cukup besar di Indonesia, pemanfaatan batubara sebagai bahan bakar akan diiringi dengan munculnya produk hasil pembakaran yang jumlahnya cukup besar. Produk sisa pembakaran adalah berupa abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*Bottom Ash*). Jumlah abu terbang yang dihasilkan di Indonesia sekitar 1,2 juta ton pertahun (*Kompas, November 2002*). Jumlah tersebut tidak mempunyai nilai ekonomis dan hanya akan

mengotori lingkungan apabila ditimbun begitu saja pada tempat pembuangannya. Tetapi abu terbang tersebut dimanfaatkan untuk beberapa tujuan, maka nilai ekonomisnya akan bertambah dan tidak akan menimbulkan suatu masalah bagi lingkungan. Penelitian-penelitian mengenai *fly ash* yang sudah pernah dilakukan hanya sebatas kuat desak beton saja.

Pada umumnya pembuatan beton menggunakan agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah. Akan tetapi untuk daerah tertentu mungkin saja sulit dan mahal. Untuk itu diupayakan mencari alternatif untuk mengurangi penggunaan material tersebut. Seperti di Godean kabupaten Sleman banyak dijumpai industri genteng yang mempunyai keunggulan antara lain kuat dan keras, didaerah tersebut banyak terdapat limbah pecahan genteng. Genteng tersebut dapat dimanfaatkan sebagai substitusi dari kerikil atau batu pecah dalam campuran beton. Dalam usaha untuk mencapai suatu idealitas tentang alternatif yang cukup kompetitif tersebut haruslah ada semacam usaha penelitian untuk menghasilkan produk inovasi pemakaian limbah industri dalam perencanaan adukan beton. Pemanfaatan limbah sebagai bahan tambah adalah limbah Pabrik Tekstil berupa abu terbang (*fly ash*). Dalam makalah ini penulis mencoba memaparkan hasil penelitian dengan tema *Pengaruh Substitusi Agregat Kasar Genteng Terhadap Kuat Desak Beton Fly ash (Suatu Studi Komparasi)*.

1.2 Lingkup Permasalahan

Sesuai dengan latar belakang pada penelitian ini, maka lingkup permasalahan yang muncul adalah sebagai berikut ini.

- a. perlu adanya pengembangan penelitian tentang beton *fly ash* dengan bahan tambah lain (pecahan genteng)

- b. banyaknya limbah pecahan genteng dan *fly ash* yang belum dimanfaatkan secara optimal dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan.

Oleh karena itu perlu diadakan suatu penelitian menggunakan alternatif bahan tambah *pozzolan* yaitu *fly ash* yang dapat mengurangi jumlah semen tanpa mengurangi kekuatannya dan pemanfaatan limbah pecahan genteng dalam pembuatan beton. Dalam hal ini penggunaan genteng tidak mutlak, akan tetapi dicampur dengan kerikil yang banyak variasinya. Tentu saja dimaksudkan agar didapatkan beton dengan kekuatan dan mutu sesuai yang direncanakan.

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton *fly ash* dengan agregat kasar variasi campuran pecahan genteng dari Godean dengan kerikil pada nilai berat jenis, kuat desak dan modulus elastis beton yang dihasilkan. Dan mengetahui prosentase pengurangan optimum kerikil akibat pemakaian limbah pecahan genteng.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil analisis dan perancangan diharapkan menghasilkan suatu produk beton struktur yang bermanfaat dengan implikasi sebagai berikut ini.

1. untuk mengembangkan pada produk beton *fly ash* dengan substitusi agregat kasar genteng
2. pemakaian *pozzolan* abu terbang (*fly ash*) dan pecahan genteng dapat memberikan kontribusi terhadap penyelamatan lingkungan dengan adanya pemanfaatan limbah industri tersebut

1.5 Batasan Masalah

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka perlu batasan – batasan sebagai berikut ini.

1. agregat kasar yang digunakan adalah campuran batu pecah dan genteng dengan lolos saringan 25 mm dan tertahan saringan 9,5 mm
2. agregat halus digunakan pasir dari Sungai Boyong Kaliurang Yogyakarta
3. perawatan yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan dengan cara direndam dalam air
4. jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 60 buah dengan 6 variasi (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) dari total agregat kasar yang dibutuhkan
5. bahan ikat adalah semen, digunakan semen jenis I merk Gresik kemasan 50 kg/kantong
6. bahan tambah abu terbang (*fly ash*) sebesar 17,5% dari berat total semen
7. dimensi satu benda uji kuat desak beton menggunakan silinder berukuran tinggi 300 mm dan diameter 150 mm
8. air yang digunakan berasal dari laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
9. uji kuat desak beton dilakukan pada umur 14 hari dan 28 hari, dilaksanakan di laboratorium Bahan Kontruksi Teknik Universitas Islam Indonesia
10. abu terbang yang digunakan merupakan abu terbang yang lolos pada saringan nomor 200

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bidang struktur, beton adalah salah satu bahan yang paling banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Hal ini disebabkan antara lain karena beton terbuat dari bahan – bahan yang mudah didapat dan harganya relatif murah.

Beton diperoleh dengan mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen portland atau bahan pengikat hidrolis lain yang sejenis, dengan atau tanpa bahan tambahan lain. Dalam penelitian ini ditekankan terhadap menggunakan limbah abu terbang dan genteng, sehingga diperoleh desain campuran beton dengan kuat tekan yang cukup baik.

2.1 Hasil penelitian yang sudah dilakukan

Penelitian ini merupakan usaha untuk menghasilkan inovasi dalam pembuatan beton struktur dengan beberapa referensi penelitian sebagai berikut :

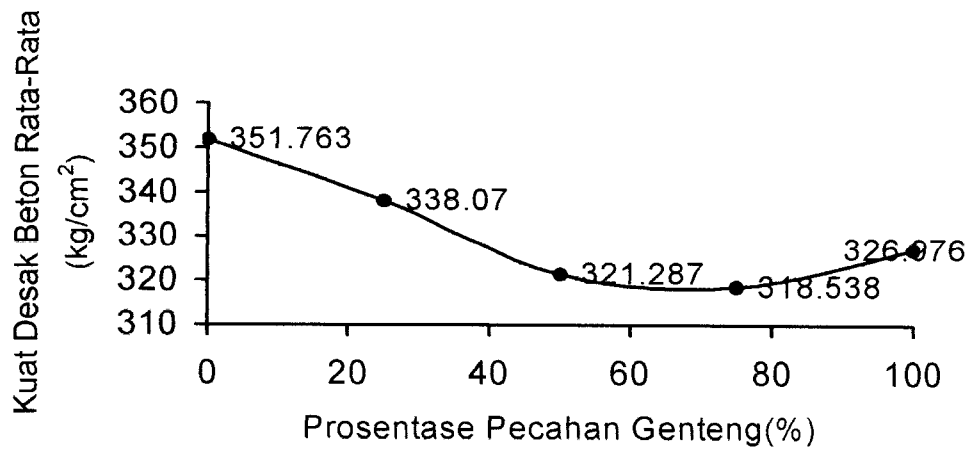
Fathurahman dan **Wibowo** (2000) menyimpulkan hasil penelitiannya bahwa kuat tekan rata-rata yang dihasilkan beton umur 28 hari dengan agregat kasar genteng “Sokka” 100% adalah 326,976 kg/cm² (diatas 170 kg/cm²), dan kuat tekat optimum terjadi pada penggunaan agregat kasar 75% kerikil dan 25% pecahan genteng”Sokka” yaitu 338,070 kg/cm². Hasil penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh **Hartono** dan **Yuliandry** (2000) menyimpulkan bahwa kuat desak beton dengan agregat kasar genteng dari Godean dengan abu sekam padi sebanyak 10% didapat sebesar 16,123 MPa hal ini mengalami kenaikan kuat desak sebesar 25,286% dibandingkan dengan kuat desak beton tanpa abu sekam padi sebesar 12,868 MPa. Hasil penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.

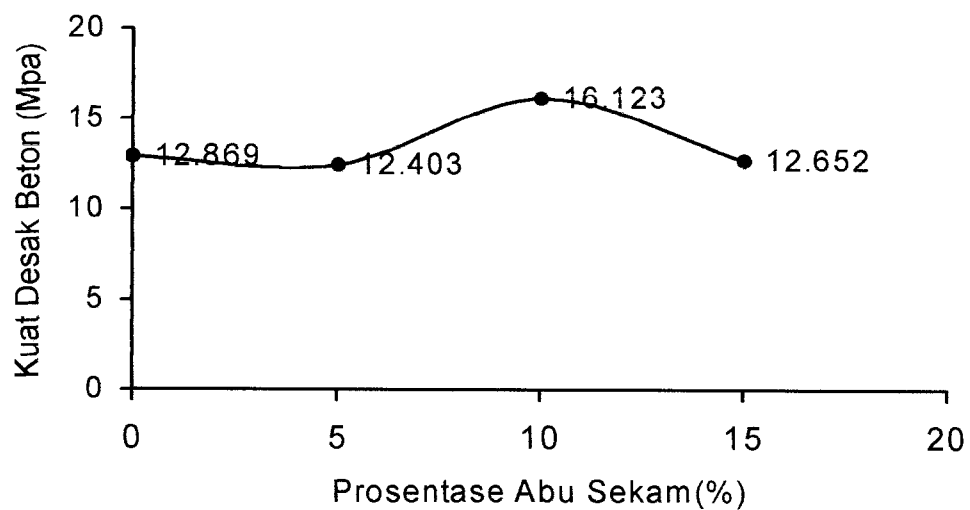
Penelitian yang dilakukan oleh **Laksono** dan **Lutfi** (1999) didapatkan bahwa peningkatan tegangan kuat desak beton yang paling optimum terjadi pada penggantian semen dengan abu terbang (*fly ash*) sebesar 17,5 % yaitu 359,519 kg/cm² dan hasil penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh **Dewobroto** dan **Adinata** (1999) ini dapat diambil kesimpulan bahwa pemakaian *pozzolan fly ash* sebanyak 17,5 % dapat mengurangi semen seberat 56,175 kg untuk setiap 1 m³ adukan beton dan diperoleh kuat desak beton mencapai 20,3664 MPa atau mengalami kuat desak beton seberat 23,75% dibandingkan dengan kuat desak beton normal.

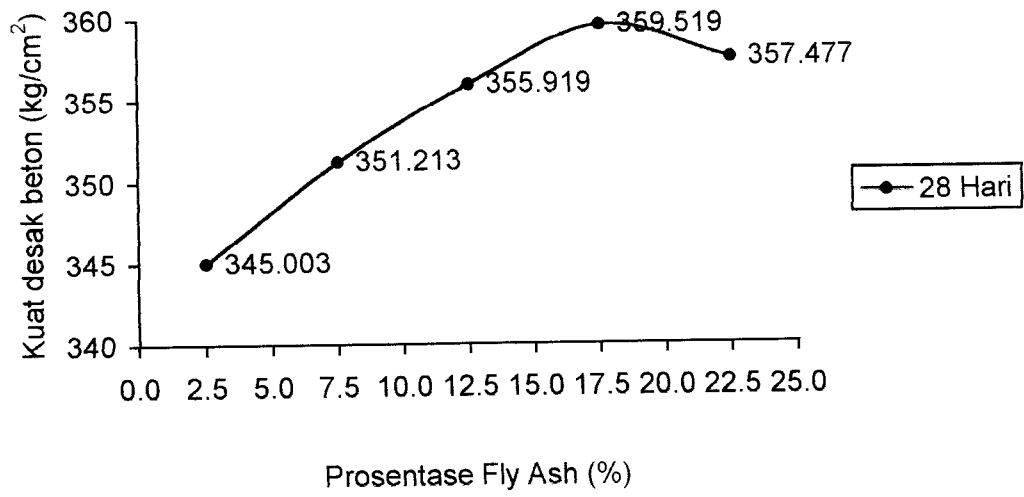
Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian – penelitian sebelumnya yaitu tentang pemanfaatan pecahan genteng sebagai agregat dan pemanfaatan *fly ash* sebagai substitusi semen pada pembuatan beton. Pada penelitian ini genteng Godean tersebut dicampur dengan kerikil dengan 6 (enam) macam variasi campuran dan *fly ash* yang digunakan untuk substitusi semen dengan prosentase tetap yaitu 17,5 % dari total berat semen.



Gambar 2.1 Hubungan Kuat Desak Beton Dengan Prosentase Pecahan Genteng Umur 28 Hari (*Fathurahman dan Wibowo, 2000*)



Gambar 2.2 Hubungan Kuat Desak Beton Dengan Prosentase Abu Sekam Umur 28 Hari (*Hartono dan Yuliandry, 2000*)



Gambar 2.3 Hubungan Kuat Desak Beton Terkekang dengan Prosentase Fly Ash Umur 28 Hari (*Laksono dan Lutfi, 1999*)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Beton merupakan bahan bangunan yang digunakan secara luas dan diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air, dan agregat pada perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah *pozzolan*. Reaksi yang terjadi antara semen dengan air akan membentuk suatu pasta pengikat dimana dalam jangka waktu tertentu akan mengeras. Beton yang mengeras dapat dianggap sebagai batu tiruan, yang tersusun dari agregat kasar (batu pecah atau kerikil) dan agregat halus (pasir) yang mengisi rongga-rongga antara butiran yang lebih besar serta pasta semen dan bahan *pozzolan* akan mengisi rongga-rongga kecil antara butiran pasir.

Peningkatan kemampuan atau mutu beton yang sejalan dengan pengurangan fas yang dipergunakan dan berlaku juga pada beton struktur lainnya. Usaha lainnya adalah dengan pemanfaatan fenomena bahwa semakin padat mortar beton atau semakin kecil pori-pori yang ada semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan. Pada mortar beton, semen dan air yang berupa pasta mengikat agregat halus dan kasar yang menyisakan rongga atau pori-pori yang tidak dapat terisi oleh butiran semen. Ruang yang tidak ditempati butiran semen merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan dan disebut kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal

ketika beton telah mengeras, akibatnya akan dapat berpengaruh terhadap turunnya kekuatan beton (*Antono, A, 1993*). Terbentuknya kapiler ini dapat diantisipasi dengan penggunaan bahan tambah *pozzolan*. Bahan tambah ini merupakan bahan khusus yang ditambahkan dalam mortar sebagai pengisi dan umumnya berupa bubuk mineral aktif (*Murdock dan Brook, 1986*).

3.2 Materi Penyusun Beton

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

3.2.1 Semen

Semen merupakan bahan utama dalam pembuatan beton. Semen adalah suatu bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen – fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat.

Semen adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai tambahan (*PUBI – 1982*) yang berupa bubuk halus dengan kandungan kapur, silikat dan alumina. Unsur – unsur pokok yang terdapat dalam semen dapat dilihat dalam Tabel 3.1. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan.

Tabel 3.1 Susunan unsur dalam semen (*Neville, 1975*)

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60 – 65
Silikat, SiO ₂	17 – 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 – 8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
Magnesia, MgO	0,5 – 4
Sulfur, SO ₃	1 – 2
Soda / potash Na ₂ O + K ₂ O	0,5 – 1

Walaupun demikian pada dasarnya semen terdiri dari 4 senyawa yang paling penting yaitu dapat dilihat dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Komposisi unsur utama semen (*Neville, 1975*)

Nama Unsur	Komposisi Kimia	Simbol
Trikalsium Silikat	3 CaO . SiO ₂	C ₃ S
Dikalsium Silikat	2 CaO . SiO ₂	C ₂ S
Trikalsium Aluminat	3 CaO . Al ₂ O ₃	C ₃ A
Tetrakalsium Aluminoforit	4 CaO . Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

1. Trikalsium silikat (C₃S)

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas.

Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap

kekuatan beton pada awal umurnya, terutama pada 14 hari pertama.

2. Dikalsium silikat (C_2S)

Senyawa ini bereaksi dengan air lebih lambat, sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari.

3. Trikalsium aluminat (C_3A)

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah panas, memberikan kekuatan setelah 24 jam.

4. Tetrakalsium aluminoforit (C_4AF)

Senyawa ini tidak tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat – sifat semen keras lainnya.

Peraturan Bahan Bangunan Indonesia (*PUBI, 1982*) menggolongkan semen menjadi 5 jenis, yaitu :

1. Jenis I, untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus,
2. Jenis II, dipakai untuk menanggulangi gangguan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang,
3. Jenis III, pemakaiannya menuntut persyaratan kekuatan awal tinggi,
4. Jenis IV, pemakaiannya menuntut persyaratan hidrasi rendah, dan
5. Jenis V, untuk melindungi dari gangguan sulfat tinggi.

3.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran < 5 mm. Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Di dalam penelitian ini digunakan pasir alam sebagai pasir halus dari sungai Boyong Kab. Sleman DIY.

3.2.3 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan alam atau berupa batu pecah dengan ukuran 5-30 mm (*Kusuma dan Vis, 1993*). Agregat alami dapat diklasifikasikan ke dalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi, yaitu agregat beku, agregat sedimen, dan agregat metamorf. Agregat pecahan diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran butiran sesuai dengan yang diinginkan dengan cara meledakkan, memecah, dan seterusnya.

Selain itu ada juga agregat buatan yang diperoleh dari pecahan bata atau pecahan genteng. Pecahan bata atau pecahan genteng dari kualitas yang baik menjadikan agregatnya memenuhi syarat untuk beton, akan tetapi jika untuk beton bertulang sebaiknya kuat tekan batanya tidak kurang dari 30 MPa. Bata harus bebas dari mortar kapur. Beton dengan pecahan bata atau genteng tidak baik untuk beton kedap air (*Tjokrodimuljo, 1992*).

Agregat kasar besar butir-butirannya lebih dari 4,60 mm. Secara umum agregat kasar sering disebut sebagai kerikil, kericak, batu pecah atau split.

Syarat-syarat agregat kasar menurut (*PBI, 1971*) adalah sebagai berikut ini.

1. agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil hasil disintegrasi (pembekuan) alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
2. agregat kasar tidak boleh berpori dan terdiri atas batuan keras. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih dapat dipakai asalkan jumlahnya tidak lebih dari 20% berat total agregat. Butir-butir agregat harus bersifat kekal.
3. agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dan tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton.

4. kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana pengujian dari Rudolf dengan beban penguji 2 ton, dimana harus memenuhi syarat berikut ini:
 - a. tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24%,
 - b. tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 20%.
5. agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan 31,5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm harus memenuhi syarat-syarat :
 - a. sisa diatas ayakan 31,5 mm sebesar 0% berat,
 - b. sisa diatas ayakan 4 mm sebesar 90% - 98% berat,
 - c. selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas 2 ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat dan minimum 10% berat.

3.2.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Di dalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan kedua sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (*Murdok dan Brook, 1991*).

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang paling murah tetapi sangat penting peranannya. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk mengadakan reaksi hidrasi dengan semen diperlukan sedikitnya 20 – 30% jumlah air dari berat semen, namun pada kenyataannya, nilai faktor air semen yang dipakai sebesar 0,35 akan sulit dikerjakan. Kelebihan air ini akan dipakai sebagai

pelumas dengan catatan penambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan menjadi rendah dan menghasilkan beton yang poreus. Selain itu kelebihan air akan sama-sama dengan semen akan bergerak ke permukaan adukan beton (*bleeding*) segar yang baru dituang yang kemudian menjadi buih untuk membentuk lapisan tipis (*laitance*) yang akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton yang merupakan bidang sambung yang lemah.

Air yang digunakan untuk campuran beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini (*Tjokrodimuljo, 1992*)

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl_2) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air yang digunakan di dalam campuran adukan beton pada penelitian ini adalah air yang diambil dari PAM Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.

3.3 Bahan Tambah *Pozzolan*

Bahan tambah mineral berupa *pozzolan* adalah bahan yang mengandung senyawa silikat atau silikat alumina dan alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat, seperti semen akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa kalsium silikat hidrat dan kalsium hidrat yang bersifat hidraulis.

Menurut ASTM C618-86 mutu *pozzolan* dibedakan menjadi 3 kelas, dimana tiap-tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifatnya. *Pozzolan* mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Ketiga kelas untuk masing-masing *pozzolan* adalah sebagai berikut ini (Murdok dan Brook, 1991) :

a. *pozzolan* kelas N

Yaitu *pozzolan* alam atau hasil pembakaran, *pozzolan* yang dapat digolongkan didalam jenis ini seperti tanah *diatomic*, *opaline cherts*, *shaaales*, *tuff*, dan abu vulkanik (*pumicete*), dimana bisa diproses melalui pembakaran maupun tidak. Selain itu juga berbagai material hasil pembakaran yang memiliki *pozzolan* yang baik.

b. *pozzolan* kelas C

Yaitu jenis *Fly ash* yang mengandung CaO diatas 10 % yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub bitumen batu bara.

c. *pozzolan* kelas F

Yaitu jenis *Fly ash* yang mengandung CaO diatas 10 % yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau bitumen batu bara.

Adapun sifat-sifat fisik dan kimia yang distandarkan ditunjukkan lebih jelas pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4

Tabel 3.3 Sifat fisik standar *pozzolan* (Murdock dan Brook, 1991)

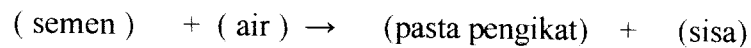
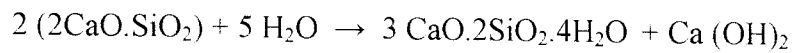
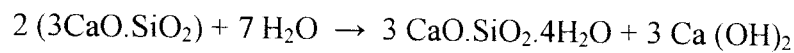
Sifat Fisik Bahan	N	C	F
Kehalusan : tertahan ayakan no 325 (% maksimum)	34	34	34
<i>Pozzolan</i> aktivitas Indeks dengan PC pada 28 hari (% minimum)	75	75	75
Kebutuhan air maksimum (%) dari komtrol	115	105	105

Tabel 3.4 Sifat kimia standar *pozzolan* (Murdock dan Brook, 1991)

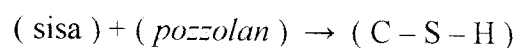
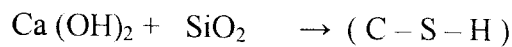
Sifat Kimia Bahan	N	C	F
- $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (% minimum)	70	50	70
- SO_3 (% maksimum)	4	5	5
- Na_2O (% maksimum)	1,5	1,5	1,5
- Kadar kelembaban (% maksimum)	3	3	3
- Loss ignition (% maksimum)	10	6	12

Pozzolan yang ditambahkan pada campuran adukan beton sampai batas tertentu dapat menggantikan semen untuk memperbaiki kelecakan dan menambah ketahanan beton dari serangan kimiawi (Swami,1986). Penambahan bahan *pozzolan* juga dapat meningkatkan kekuatan beton. Hal ini karena terjadi reaksi pengikatan kapur bebas, sisa proses hidrasi semen dan air. Dengan bahan *pozzolan* ini, sisa hasil reaksi hidrasi semen dapat menghasilkan semacam gel yang berfungsi sebagai perekat, yang diilustrasikan sebagai berikut (Swami,1986)

1. Reaksi hidrasi semen



2. Reaksi pozzolonik



Menurut proses terbentuknya atau asalnya didalam ASTM 593 – 82, bahan *pozzolan* dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu sebagai berikut ini.

1. *pozzolan* alam

Adalah bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau lava gunung berapi yang mengandung silikat reaktif, yang bila dicampur dengan kapur padam akan menghasilkan proses sedimentasi.

2. *pozzolan* buatan

Adalah jenis *pozzolan* yang banyak macamnya, baik berupa sisa pembakaran dari tungku, maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silikat reaktif dengan melalui proses pembakaran.

3.4 Abu Terbang (*fly ash*)

Abu terbang diperoleh dari sisa pembakaran bahan bakar batubara sebagai sumber energi. Sisa pembakaran berupa partikel halus, keluar bersama gas buang. Partikel halus ini dikenal dengan nama abu terbang (*fly ash*), sedang sisa pembakaran yang berupa butiran kasar keluar melalui bagian bawah disebut *bottom ash*.

Fly ash memiliki butiran yang cukup halus yaitu lolos ayakan nomor 325 (45 μm) 5-27 % dengan berat jenis antara 2,15 – 2,8 dan warna abu-abu kehitaman. Sifat proses *pozzolanik* dari *fly ash* mirip dengan bahan *pozzolanik* lain.

Abu terbang yang dapat digunakan sebagai *pozzolan* harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (*Standar ASTM*) :

- memiliki kadar oksida reaktif tinggi (Si, Al, Fe),
- kadar alkali rendah,
- kadar Mg rendah,
- kadar S rendah,
- kadar C rendah,
- memiliki sifat fisika dan kimia yang relatif sama.

Tabel 3.5 Komposisi sifat fisik *fly ash* (*Standar ASTM*)

No	Sifat Fisik	Data yang ada
1	Berat jenis	1,99 – 2,40 gr/cm^3
2	Kehalusan butir	163,2 – 227,19 m^2/kg
3	Kadar air	0,55 – 4,6 %

Tabel 3.6 Komposisi kimia *fly ash* dalam satuan persen berat

No	Unsur Kimia	Persen Berat <i>Fly ash</i> (%)	Persen Berat Standar ASTM
1	SiO_2	59,99	$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ Minimum 70 %
2	Al_2O_3	30,35	
3	Fe_2O_3	3,59	
4	CaO	1,83	
5	MgO	1,11	
6	Na_2O		Maksimum 1,5 %
7	SO_3		Maksimum 4,0 %
8	Hilang pijar		Maksimum 10 %

Peningkatan kemampuan atau mutu beton dengan memanfaatkan fenomena bahwa semakin padat mortar beton atau semakin kecil pori-pori yang ada, semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan dan salah satunya dengan menggunakan bahan pengisi sebagai bahan tambah. Pada campuran mortar beton, semen dan air yang berupa pasta mengikat agregat halus dan kasar dengan masih menyisakan atau pori-pori yang tidak dapat tertutup atau terisi oleh butiran semen.

3.5 Genteng

Limbah genteng adalah limbah hasil dari pembuatan genteng yang mengalami kegagalan atau cacat, berupa pecahan genteng, genteng yang masih mentah dan genteng yang tidak utuh atau rusak. Dalam penelitian ini yang digunakan adalah genteng yang sudah rusak berupa pecahan genteng dan banyak dijumpai disekitar pabrik pembuatan genteng.

Genteng adalah suatu unsur bangunan yang berfungsi sebagai penutup atap dan dibuat dari tanah liat dengan atau campuran bahan lainnya, dibakar sampai pada suhu yang cukup tinggi, sehingga tidak hancur apabila direndam dalam air (*PUBI - 1982*).

Pembakaran genteng dimulai secara perlahan-lahan hingga asap yang keluar tidak berwarna putih dengan suhu ± 150 °C. Kemudian suhu dinaikkan menjadi 600 °C. Suhu ini dipertahankan ± 4 jam dan pada akhirnya suhu diturunkan secara perlahan-lahan agar genteng matang secara merata (*Koesmartadi, 1999*).

Ide dasar pemakaian pecahan genteng sebagai agregat kasar dalam pembuatan beton adalah untuk memanfaatkan bahan yang tidak terpakai karena merupakan

bahan limbah akibat kegagalan dalam produksi genteng yang nantinya dapat menyebabkan pencemaran tanah. Agregat kasar dari pecahan genteng mempunyai beberapa kelebihan, antara lain dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan yang cukup tinggi, berat jenis betonnya ringan (lebih ringan dari beton normal) dan beton yang dihasilkan mempunyai daya hantar panas yang rendah. Sedangkan kekurangan dari agregat jenis ini adalah antara lain keausan dan resapan airnya cukup tinggi, juga kekerasan agregatnya sangat beragam tergantung dari mutu pembakaran (Tjokrodinuljo, 1992).

Genteng untuk semua tingkat mutu harus tahan terhadap perembasan air. Pada pengujian perembasan air, air tidak boleh menetes dari bagian bawah genteng dalam waktu kurang dari 2 jam (PUBI – 1982)

Tabel 3.7 Tingkat mutu dan kekuatan terhadap beban lentur (PUBI – 1982)

Tingkat Mutu	Kekuatan terhadap beban lentur (kg)	
	Rata-rata dari minimal 6 (enam) genteng yang diuji	Angka minimal untuk masing-masing genteng yang diuji
I	150	110
II	120	90
III	80	60
IV	50	35
V	30	25

3.6 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen sangat besar pengaruhnya terhadap pembentukan panas hidrasi. Hidrasi ini timbul karena adanya reaksi antara semen dengan air, sedangkan hasil dari reaksi tersebut adalah hidrasi semen. Faktor air

semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah fas, maka kuat tekan beton yang dihasilkan semakin tinggi. Meskipun demikian fas yang rendah akan menyulitkan proses pemadatan sehingga kekuatan beton menjadi kurang padat, oleh sebab itu ada suatu nilai fas optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum dan dapat dilihat pada Gambar 3.1.

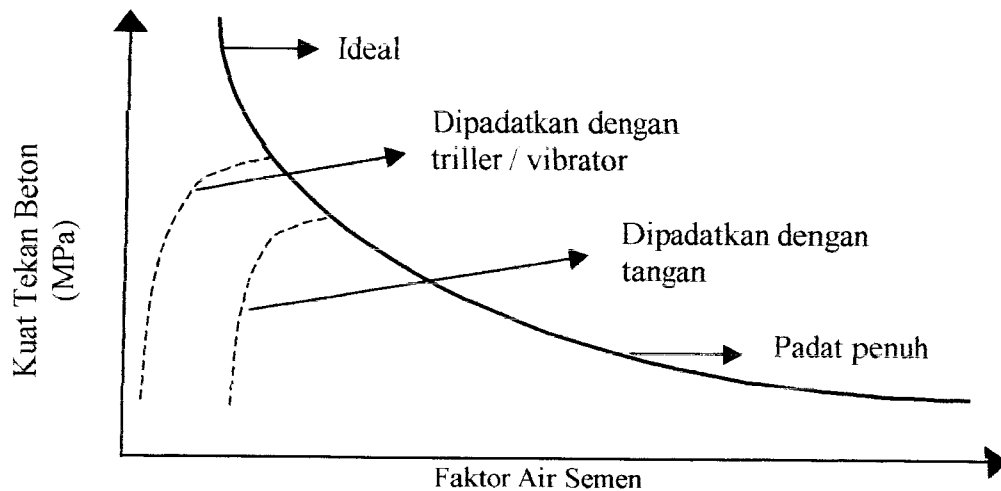
Hubungan antara faktor air semen (fas) dan kuat desak beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan *Duff Abrams (1919)* yaitu :

$$f_c = \frac{A}{B^{1.5X}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana : f_c = kuat tekan beton

X = f.a.s

A,B = konstanta



Gambar 3.1. Hubungan antara kuat desak beton dengan nilai faktor air semen (*Tjokrodimuljo, 1992*)

3.7 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton. Tingkat kelecakan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin besar nilai slump berarti semakin cair adukan betonnya, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan. Nilai slump untuk berbagai macam struktur diperlihatkan pada Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.8 Nilai slump untuk berbagai macam struktur (*Tjokrodimuljo, 1992*)

Jenis Struktur	Nilai Slump	
	Minimum	Maksimum
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12,5
Tiang pondasi dalam, caison	2,5	10
Pelat, balok, kolom	7,5	15
Beton untuk jalan (<i>pavement</i>)	5	7,5
Beton massa (struktur massa berat)	2,5	7,5

3.8 Workability

Kemudahan pengerjaan (*workability*) adalah ukuran tingkat kemudahan adukan beton untuk dikerjakan termasuk adukan, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan penyusun beton dan sifat-sifat bahan penyusun beton, secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton antara lain sebagai berikut ini.

1. jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Jumlah air ini akan mempengaruhi konsistensi adukan, yaitu semakin banyak air yang digunakan maka adukan beton akan semakin cair, sehingga makin mudah dikerjakan.
2. jumlah semen yang digunakan. Penambahan jumlah semen ke dalam campuran adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai *fas* tetap.
3. penambahan bahan tambah *additive* tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan *workability* adukan pada *fas* rendah.

Adukan dengan tingkat kelecakan tinggi memiliki resiko yang besar terhadap *bleeding* atau *water gain*. Hal ini akan terjadi karena bahan-bahan padat adukan beton mengendap dan bahan-bahan susun kurang mampu mengikat air campuran. Resiko *bleeding* dapat dikurangi dengan langkah-langkah berikut ini.

1. air campuran yang dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai dengan hitungan *mix design*
2. pasir yang dipakai memiliki bentuk seragam dan memiliki kadar butiran yang halus.
3. gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang dipakai.

3.9 Metode Perencanaan Adukan Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai standar *Amerika Concrete Institute (ACI)*. Salah satu tujuan yang hendak dicapai dengan perancangan campuran dengan standar *ACI* adalah untuk

menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Ukuran derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat pada pengujian slump.

Adapun tata cara urutan perencanaan adukan campuran beton menurut standar *ACI* adalah sebagai berikut ini.

1. perhitungan kuat desak rata-rata beton

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

$$F_{cr}' = f_{c'} + k \cdot sd \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan : f_{cr}' = kuat desak rata-rata betonKg/cm²

$f_{c'}$ = kuaat desak rencana beton.....Kg/cm²

k = tetapan statistik. Untuk Indonesia memakai 5%
kegagalan (*defective*) maka faktor $k = 1.64$

sd = standar deviasi berdasarkan Tabel 3.10 dengan angka
konversi untuk sampel kurang dari 30 sampel Tabel 3.11

Tabel 3.9 Nilai K untuk beberapa keadaan (*Tjokrodimuljo, 1992*)

No	Keadaan	Nilai K
1	Untuk 10 % defektif	1,28
2	Untuk 5 % defektif	1,64
3	Untuk 2,5 % defektif	1,96
4	Untuk 1 % defektif	2,33

Tabel 3.10 Nilai deviasi standar (kg/cm^2) (Tjokrodimuljo, 1992)

Volume Pekerjaan (M^3)	Mutu Pekerjaan		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil < 1000	$45 < S < 55$	$55 < S < 65$	$65 < S < 85$
Sedang 1000 – 3000	$35 < S < 45$	$45 < S < 55$	$55 < S < 75$
Besar > 3000	$25 < S < 45$	$35 < S < 45$	$45 < S < 65$

Tabel 3.11 Faktor modifikasi simpangan baku untuk data uji kurang dari 30 sampel (Tjokrodimuljo, 1992)

Jumlah sampel	Faktor pengali standar deviasi
≥ 30	1,00
25	1,03
20	1,08
≤ 15	1,16

2. menentukan faktor air semen (fas)

Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak rata-rata (Tabel 3.12) dan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan (Tabel 3.13) sebagai berikut ini.

Tabel 3.12 Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton umur 28 hari (Tjokrodimuljo, 1992)

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

Tabel 3.13 Fas berdasarkan pengaruh tempat elemen (*Tjokrodimuljo, 1992*)

Kondisi Elemen	Nilai fas
- Beton di dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
- Beton diluar bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
- Beton yang masuk ke dalam tanah	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
- 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 3.14 Nilai slump berdasarkan penggunaan jenis elemen (*Tjokrodimuljo, 1992*)

Pemakaian Jenis Elemen	Maks (cm)	Min (cm)
Dinding pelat pondasi, dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur bawah pondasi	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

4. menetapkan jumlah air yang dibutuhkan

Jumlah kebutuhan air dalam setiap 1 m³ campuran adukan beton dapat ditentukan berdasarkan diameter maksimum agregat dan nilai slump, seperti pada Tabel 3.15 sebagai berikut.

Tabel 3.15 Perkiraan nilai slump berdasarkan ukuran maksimum agregat (*Tjokrodimuljo, 1992*)

Slump	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 didasarkan hasil penentuan langkah ke-dua (didapat nilai fas) dan ke-empat (didapat jumlah air) dengan membagi rasio kebutuhan air dengan nilai fas.

$$fas = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas}$$

6. menetapkan volume agregat kasar

Penetapan volume agregat kasar didasarkan pada tabel berikut ini.

Tabel 3.16 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per m³ beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir pasir (m³)

(Tjokrodinuljo, 1992)

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir 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	0,84	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

7. menghitung volume agregat halus yang diperlukan

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

3.10 Kekuatan Beton

Beton memiliki kuat desak yang jauh lebih besar daripada kuat tariknya. Kuat desak beton tergantung pada sifat-sifat bahan dasarnya. Kuat desak beton pada umumnya ditentukan oleh tingkat kekerasan agregatnya, namun demikian perlu diperhatikan juga mutu pastanya. Hal ini dikarenakan pasta semen merupakan bahan ikat yang mengikat agregat-agregat penyusun beton. Mutu pasta semen yang rendah akan menyebabkan kehancuran beton sebelum mencapai maksimum. Hal ini ditandai dengan prosentase agregat pecah. Disamping itu kuat desak beton dipengaruhi juga oleh cara pengadukan, cara penuangan, cara pemadatan dan cara rawatan selama proses pengerasan.

Agar kualitas beton yang dihasilkan memuaskan, maka perlu diperhatikan selama terjadinya proses pemadatan dan perawatan beton dengan penjelasan sebagai berikut ini.

1. tinjauan terhadap pemadatan beton,

Tujuan pemadatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga-rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan tinggi akan menghasilkan kekuatan yang tinggi. Pemadatan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara manual dan dengan menggunakan mesin pemadat bergetar (*vibrator*). Kekuatan beton yang dihasilkan oleh pemadat manual tergantung dari kemampuan tenaga manusia yang memadatkannya. Kekuatan beton dengan proses pemadatan menggunakan mesin getar dapat lebih tinggi kepadatannya, hal ini tergantung pada metode serta kepiawaian pelaksana dari faktor operator manusianya. Selain itu mesin getar dapat digunakan pada campuran yang memiliki *workability* rendah.

2. tinjauan terhadap perawatan beton,

Reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk proses hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia itu. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Oleh karena itu direncanakan suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton agar terus menerus berada dalam keadaan

basah selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu dengan direndam dalam air pada satu bak.

3.11 Berat Jenis

Dalam ilmu teknologi beton dikenal jenis beton ringan (*leightweight concrete*). Beton ringan dapat dibuat dengan 3 (tiga) cara (*Nevile, 1975*), yaitu dengan :

1. pemakaian agregat ringan, misalnya agregat kasar yang ringan, agregat halus yang ringan atau keduanya
2. membuat gelembung-gelembung udara, yaitu dengan pemakaian bahan tertentu yang menyebabkan terjadinya gelembung udara kecil didalam beton dan
3. cara tanpa pemakaian pasir (beton non pasir), sehingga banyak terdapat rongga diantara butir-butir agregat kasar.

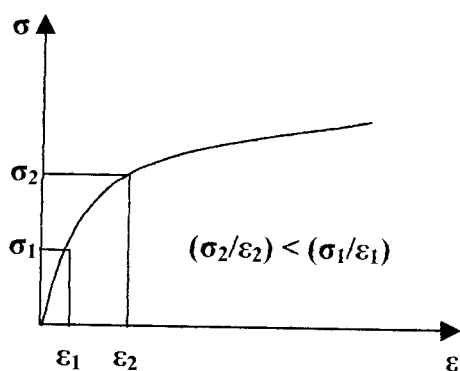
Beton ringan mempunyai berat jenis dibawah 2 gr/cm^3 (beton biasa mempunyai berat jenis $2,4 \text{ gr/cm}^3$). Secara kasar beton ringan ini menurut berat jenisnya dibagi tiga kelompok (*Nevile, 1975*), yaitu dengan :

1. beton ringan jenis antara $0,30$ sampai $0,80 \text{ gr/cm}^3$ yang biasa dipakai sebagai bahan isolasi
2. beton ringan dengan berat jenis antara $0,80$ saampai $1,40 \text{ gr/cm}^3$ yang dapat dipakai untuk struktur ringan dan
3. beton ringan dengan berat jenis antara $1,40$ sampai $2,00 \text{ gr/cm}^3$ yang dapat dipakai untuk struktur sedang.

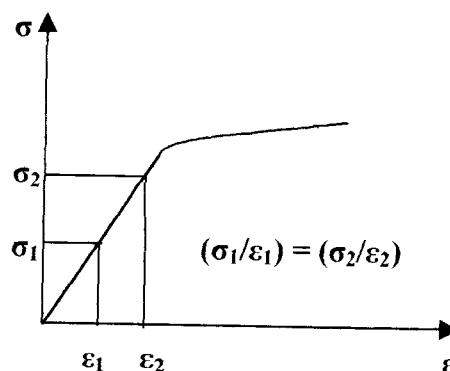
Berat jenis beton ringan dalam pembuatannya dipengaruhi oleh berat jenis agregatnya.

3.12 Modulus Elastis

Menurut *Vis dan Kusuma (1995)*, modulus elastis atau modulus young adalah sebuah konstanta bahan yang mempunyai nilai tertentu untuk suatu bahan tertentu. Tiap bahan memiliki modulus elastis E tersendiri yang memberikan gambaran mengenai perilaku bahan itu bila mengalami beban tarik atau beban tekan. Bila nilai E semakin kecil, akan semakin mudah bahan untuk mengalami perpanjangan atau diperpendek. Grafik hubungan linier dan non-linier tegangan dan regangan dapat ditunjukkan oleh Gambar 3.2 dan 3.3.



Gambar 3.2 Hub.non-linier antara tegangan dan regangan



Gambar 3.3 Hub.linier tegangan dan regangan pada nilai tegangan rendah

Tegangan tidak selalu berbanding lurus dengan regangan. Seperti pada Gambar 3.2, titik-titik yang dipetakan berturut-turut tidak terletak pada satu garis lurus, sehingga tidak terdapat kesebandingan antara tegangan dan regangan. Bahan yang memiliki tegangan dan regangan seperti ini disebut elastis non-linier. Bahan ini jelas tidak mengikuti Hukum Hooke sehingga hubungan $\sigma = E \cdot \epsilon$ tidak berlaku. Bahan ini tidak mempunyai modulus elastis konstan. Ini berarti hitungan perencanaan dengan menggunakan bahan ini harus dengan rumus yang berbeda

dengan bahan-bahan elastis linier. Gambar 3.3 menunjukkan suatu kesebandingan antara tegangan dan regangan untuk nilai tegangan rendah, tetapi pada tegangan yang tinggi bahan memiliki kelakuan non-linier. Ketidak linieran diakibatkan oleh formasi retak-retak yang menurunkan kekakuan (*Ferguson, 1986*).

Modulus elastis beton adalah berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran benda uji (*Wang dan Salmon, 1985*)

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan di desain suatu campuran beton *fly ash* dengan menggunakan agregat kasar berupa variasi campuran kerikil dan limbah pecahan genteng dari Godean. Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium dengan membuat beberapa benda uji silinder beton untuk diuji kuat desaknya. Hasil akhir suatu penelitian berkaitan erat dengan metode penelitian yang disesuaikan dengan prosedur, jenis alat yang digunakan dan jenis penelitiannya.

4.1 Pengumpulan Data

Sebelum dilakukan penelitian lebih lanjut diperlukan data-data yang mendukung penelitian tersebut. Dalam penelitian ini data yang diperlukan adalah data tentang hal-hal yang dapat mempengaruhi berat jenis, kuat tekan dan modulus elastis pada beton. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh melalui percobaan, pengamatan dan perhitungan langsung di laboratorium BKT Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII Yogyakarta.

4.2 Analisis Data

Setelah data yang diperoleh cukup, maka dilakukan analisis data dengan perhitungan langsung dari data laboratorium dengan menggunakan formula dan prosedur yang ditentukan untuk menentukan berat jenis, kuat tekan dan modulus elastisitas pada beton.

4.3 Persiapan Bahan dan Alat

Bahan-bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini harus dipersiapkan secara cermat. Hal ini dimaksudkan agar dalam pelaksanaan nanti berjalan sesuai dengan rencana.

Penempatan bahan yang hendak dipergunakan dalam penelitian sebaiknya dijaga dari hal-hal yang dapat mengurangi kualitas atau bahkan merusaknya, sehingga tidak dapat dipergunakan lagi. Hal tersebut tentunya akan mempengaruhi proses atau hasil penelitian nantinya. Berikut ini akan diuraikan lebih lanjut mengenai pemeriksaan bahan dan peralatan.

4.3.1 Pemeriksaan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

- a. semen portland jenis I merk Gresik,
- b. agregat halus (pasir) dari Sungai Boyong Kaliurang,
- c. agregat kasar (batu pecah) dari Clereng Kulon Progo dan pecahan genteng dari Godean Sleman Yogyakarta,
- d. air yang digunakan dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

Pemeriksaan bahan meliputi :

- a. berat jenis,
- b. berat volume agregat,
- c. analisa saringan
- d. modulus halus butir agregat,

4.3.2 Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Alat – alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Kegunaan
1	Oven	Pengering agregat
2	Piring Logam	Menampung agregat di oven
3	Mesin Siever	Pengayak mekanik
4	Ayakan	Menyaring agregat
5	Timbangan	Menimbang bahan-bahan
6	Gelas ukur	Menakar air
7	Ember	Menampung agregat
8	Kerucut Abrams	Pengujian slump
9	Mixer listrik	Pencampuran adukan
10	Sekop besar	Mengaduk agregat
11	Sekop kecil	Memasukan adukan kedalam cetakan
12	Tongkat penumbuk	Memadatkan benda uji
13	Penggaris	Mengukur slump
14	Cetakan silinder	Tempat mencetak benda uji
15	Kapiler	Mengukur diameter benda uji
16	Mesin uji desak	Uji desak beton
17	Kolam perendaman	Menjaga kelembaban beton

4.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian digambarkan dengan bagan alir pada Gambar 4.1 dengan penjelasan sebagai berikut ini.

1. Tahap perumusan masalah

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

2. Tahap perumusan teori

Pada tahap ini dilakukan pengkajian pustaka terhadap teori yang melandasi penelitian dan ketentuan yang menjadikan acuan dalam pelaksanaan penelitian.

3. Tahap pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan jenis penelitian dan hasil yang ingin didapat. Pada penelitian ini dilaksanakan dilaboratorium teknik sipil :

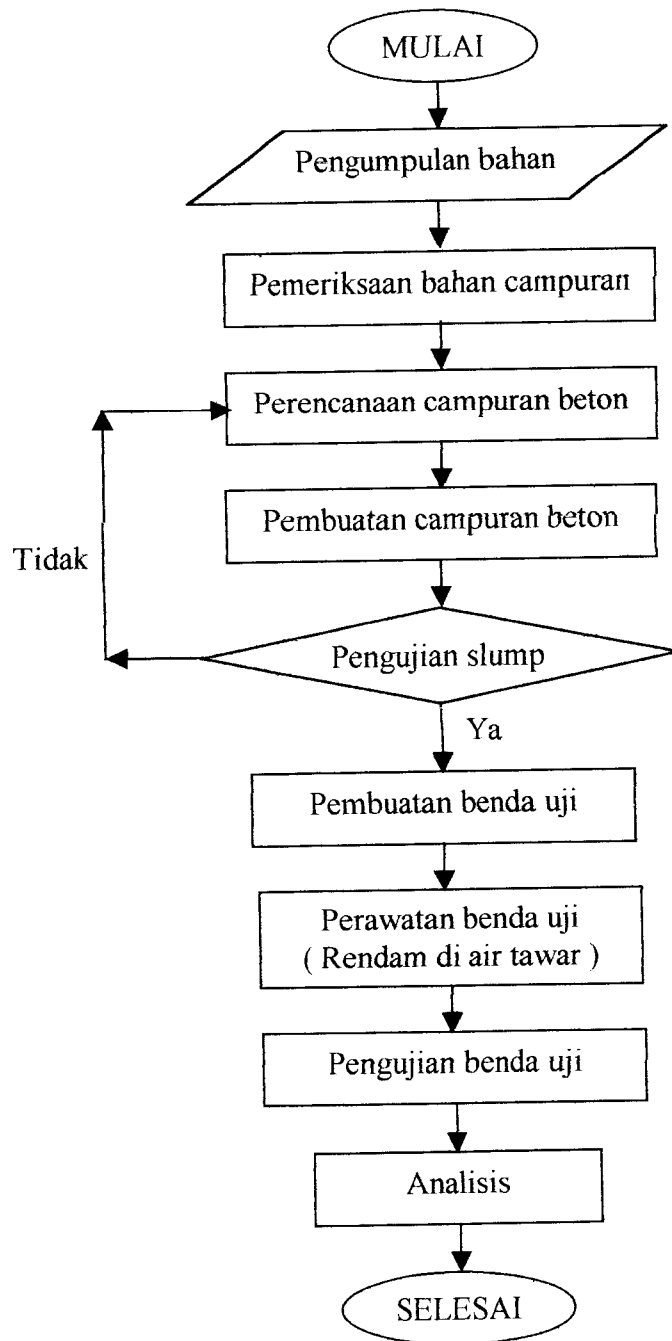
1. perencanaan bahan campuran beton,
2. perencanaan campuran beton,
3. pembuatan campuran beton,
4. pengujian slump,
5. pembuatan benda uji,
6. perawatan benda uji, dan
7. pengujian benda uji.

4. Tahap analisa dan pembahasan

Analisa dilakukan terhadap hasil uji laboratorium. Hasil uji laboratorium tersebut dicatat dan dibandingkan terhadap hipotesa. Pembahasan dilakukan terhadap hasil penelitian ditinjau berdasarkan teori yang melandasi.

5. tahap penarikan kesimpulan

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



Gambar 4.1 Bagan alir prosedur penelitian

b. menentukan faktor air semen

1. Berdasarkan nilai kuat desak rata-rata sebesar 33,32 MPa maka diperoleh pada Tabel 3.12 nilai fas sebesar 0,4618
2. Berdasarkan perencanaan beton untuk bangunan di dalam ruangan dan kondisi keliling non korosif, maka diperoleh pada Tabel 3.13 nilai fas maksimum sebesar 0,600

Dari kedua asumsi perkiraan di atas diambil nilai fas sebesar 0,4618

c. menetapkan nilai slump

Didasarkan pada Tabel 3.14 untuk beton yang digunakan sebagai pelat, balok, kolom, dan dinding, diperoleh nilai slump sebesar 75 mm – 150 mm.

d. menetapkan kebutuhan air

Jumlah air yang diperlukan berdasarkan nilai slump (Tabel 3.15) diperoleh air sebesar 196,5 liter dan udara terperangkap dalam beton sebesar 1,75 %.

e. menghitung kebutuhan semen

Dari penentuan langkah kedua dan keempat maka kebutuhan semen dapat dihitung sebagai berikut :

$$fas = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$W_{semen} = \frac{196,5}{0,4618} = 425,51 \text{ kg}$$

f. menentukan volume agregat kasar

Volume agregat kasar ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat 25 mm dan MHB pasir 2,74 sesuai Tabel 3.16 diperoleh volume agregat kasar sebesar 0,6825 m³

4.5 Perencanaan Perhitungan Campuran Beton

Perencanaan perhitungan campuran beton didalam penelitian ini menggunakan metode standar ACI dengan data sebagai berikut :

1. Kuat tekan rencana $f'c$ = 20 MPa, umur 28 hari
2. Diameter agregat maksimum = 25 mm
3. Modulus halus butir pasir (mhb) = 2,74
4. Berat jenis pasir (SSD) = 2,54 gr/cm³
5. Berat jenis kerikil (SSD) = 2,564 gr/cm³
6. Berat volume kerikil (SSD) = 1,5142 t/m³
7. Berat volume genteng (SSD) = 1,2170 t/m³
8. Berat jenis semen = 3,15 gr/cm³
9. Langkah langkah perhitungan perencanaannya sebagai berikut ini :
 - a. menghitung kuat desak beton rata-rata

Kuat desak beton rata-rata dihitung dari kuat desak beton rencana dan dihitung dengan persamaan $f_{cr}' = f_c' + k.sd$ dengan nilai k untuk Indonesia menggunakan perkiraan 5% defektif (kegagalan) sebesar 1.64, faktor pengali untuk standar deviasi yang sampelnya kurang dari 15 buah adalah 1.16 dan nilai deviasi standar 70 kg/cm² pada kondisi pekerjaan cukup dengan volume kecil sehingga kuat desak rata-rata beton adalah :

$$\begin{aligned}
 F_{cr}'' &= f_c' + k sd \\
 &= 200 + 1,64 (1,16 \times 70) \\
 &= 333,16 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 33,32 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

b. menentukan faktor air semen

1. Berdasarkan nilai kuat desak rata-rata sebesar 33,32 MPa maka diperoleh pada Tabel 3.12 nilai fas sebesar 0,4618
2. Berdasarkan perencanaan beton untuk bangunan di dalam ruangan dan kondisi keliling non korosif, maka diperoleh pada Tabel 3.13 nilai fas maksimum sebesar 0,600

Dari kedua asumsi perkiraan di atas diambil nilai fas sebesar 0,4618

c. menetapkan nilai slump

Didasarkan pada Tabel 3.14 untuk beton yang digunakan sebagai pelat, balok, kolom, dan dinding, diperoleh nilai slump sebesar 75 mm – 150 mm.

d. menetapkan kebutuhan air

Jumlah air yang diperlukan berdasarkan nilai slump (Tabel 3.15) diperoleh air sebesar 196,5 liter dan udara terperangkap dalam beton sebesar 1,75 %.

e. menghitung kebutuhan semen

Dari penentuan langkah kedua dan keempat maka kebutuhan semen dapat dihitung sebagai berikut :

$$fas = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$W_{semen} = \frac{196,5}{0,4618} = 425,51 \text{ kg}$$

f. menentukan volume agregat kasar

Volume agregat kasar ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat 25 mm dan MHB pasir 2,74 sesuai Tabel 3.16 diperoleh volume agregat kasar sebesar 0,6825 m³

$$\text{Berat kerikil kering dalam beton} = 0,6825 \times 1514,2 = 1033,44 \text{ kg/m}^3$$

g. menentukan volume agregat halus

Volume semen	= $425,51 / (3,15 \times 1000)$	= 0,1351
Volume air	= $196,5 / 1000$	= 0,1965
Volume agregat kasar	= $1033,44 / (2,564 \times 1000)$	= 0,4030
Volume udara terperangkap	= 1,75 %	= 0,0175
		Σ = 0,7521

$$\text{Volume agregat halus} = 1 - 0,7521 = 0,2479$$

$$\text{Berat agregat halus} = 0,2479 \times 2,54 \times 1000 = 629,67 \text{ kg}$$

h. kebutuhan material dalam 1 m³ adukan beton normal

Dari penentuan parameter diatas maka diperoleh untuk 1 m³ beton dengan perbandingan $P_c : P_s : K_r : A = 1 : 1,48 : 2,43 : 0,46$ diperlukan material :

1. Berat semen : 425,51 kg
2. Berat pasir : 629,67 kg
3. Berat kerikil : 1033,44 kg
4. Berat air : 196,5 kg

Berat bahan untuk 1 m³ beton 2285,12 kg

i. kebutuhan material 1 m³ adukan beton dengan *pozzolan Fly ash* 17,5 %

1. Berat kebutuhan semen = $425,51 \cdot (100 - 17,5)\% = 351,05 \text{ kg}$
2. Berat kebutuhan *fly ash* = $425,51 - 351,05 = 74,46 \text{ kg}$
3. Berat pasir = 629,67 kg
4. Berat kerikil = 1033,44 kg
5. Air = 196,5 kg

j. kebutuhan material 1 m³ adukan beton dengan *pozzolan Fly ash* 17,5 % dan pecahan genteng 20% dari berat total agregat kasar

Semen = 351,05 kg

Fly ash = 74,46 kg

Kerikil = 1033,44 (100 – 20)% = 826,75 kg

Genteng = 1033,44 – 826,75 = 206,69 kg

Pasir = 629,67 kg

Air = 196,5 kg

Proporsi Campuran untuk 1 variasi dengan 10 sampel volume = 0,053 m³

Bahan	G : 0%	G : 20%	G : 40%	G : 60%	G : 80%	G : 100%
Semen	18,61	18,61	18,61	18,61	18,61	18,61
<i>Fly ash</i> 17,5%	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95
Pasir	33,37	33,37	33,37	33,37	33,37	33,37
Kerikil	54,77	43,82	32,86	21,91	10,95	0,00
Genteng	0,00	10,95	21,91	32,86	43,82	54,77
Air	10,42	10,42	10,42	10,42	10,42	10,42
Total (kg)	121,12	121,12	121,12	121,12	121,12	121,12

4.6 Pembuatan Campuran Beton

Pembuatan campuran beton didalam penelitian ini berpedoman pada SKSNI T-28-1991-03 tentang tata cara pengadukan dan pengecoran beton. Cara pembuatan campuran beton dimulai dari persiapan bahan dan alat sesuai dengan asumsi, persyaratan dan kebutuhan pada saat perhitungan campuran adukan (*mix design*).

Pada metode pencampuran beton ada 2 cara untuk menentukan pengukuran pada agregat yaitu (*Murdock dan Brook, 1991*) :

1. pengukuran agregat menurut beratnya

Pengukuran menurut agregat menghilangkan kesalahan yang disebabkan oleh variasi rongga dalam proporsi yang berisi suatu volume tertentu. Oleh karena itu pengukuran berat adalah logis, dan alat penimbang memberikan ketelitian dilapangan.

2. pengukuran agregat menurut volumenya

Pada pengukuran agregat menurut volumenya terdapat dua sumber kesalahan yaitu variasi dari volume pada yang berisi dalam volume tertentu yang diukur dan kesalahan pengukuran volume.

4.7 Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan dengan menggunakan kerucut standar Abrahms. Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan atau kemudahan pengerjaan (*workability*) dari campuran beton yang telah dibuat. Pada penelitian ini dipakai nilai slump sebesar 75 mm – 150 mm.

4.8 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan setelah pengujian slump mencapai nilai yang dikehendaki. Dalam penelitian ini digunakan cetakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Masing-masing variasi menggunakan 10 silinder. Untuk memudahkan identifikasi masing-masing sampel diberi kode berikut ini :

1. Untuk sampel beton *fly ash* normal tanpa agregat kasar pecahan genteng diberi kode BV1 masing-masing 5 buah untuk umur 14 hari dan 28 hari.

2. Untuk sampel beton *fly ash* dengan substitusi kerikil 80% dan pecahan genteng 20% diberi kode BV2 masing-masing 5 buah untuk umur 14 hari dan 28 hari.
3. Untuk sampel beton *fly ash* dengan substitusi kerikil 60% dan pecahan genteng 40% diberi kode BV3 masing-masing 5 buah untuk umur 14 hari dan 28 hari.
4. Untuk sampel beton *fly ash* dengan substitusi kerikil 40% dan pecahan genteng 60% diberi kode BV4 masing-masing 5 buah untuk umur 14 hari dan 28 hari.
5. Untuk sampel beton *fly ash* dengan substitusi kerikil 20% dan pecahan genteng 80% diberi kode BV5 masing-masing 5 buah untuk umur 14 hari dan 28 hari.
6. Untuk sampel beton *fly ash* dengan substitusi kerikil 0% dan pecahan genteng 100% diberi kode BV6 masing-masing 5 buah untuk umur 14 hari dan 28 hari.

Selama pembuatan benda uji khususnya pada saat penuangan campuran beton diikuti oleh proses pemadatan manual dengan batang besi tulangan sehingga diharapkan dapat dicapai kepadatan yang diinginkan atau direncanakan.

4.9 Perawatan Benda Uji

Beton memerlukan perawatan untuk menjamin terjadinya proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna dengan menjaga kelembaban permukaan beton. Untuk mempertahankan beton supaya berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari, maka dilakukan perendaman sampel beton didalam bak perendaman dan direndam dengan air bersih sampai satu hari sebelum diuji.

4.10 Pengujian Benda Uji

Pengujian desak beton dilakukan setelah benda uji berumur 14 dan 28 hari. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar pengujian ASTM yaitu dengan

pembebanan vertikal dengan menggunakan mesin desak hidrolik dimana benda uji diletakkan pada tempat pengujian lalu dilakukan pembebanan secara bertahap yaitu setiap kenaikan pembebanan sebesar 10 KN maka akan dicatat perubahan perpendekan dari beton yang dapat dilihat pada mesin hidraulik tersebut. Kemudian pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan sampai mencapai beban maksimum (benda uji mengalami kehancuran). Kekuatan uji tekan dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum yang diterima dengan luas permukaan benda uji.



BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam suatu penelitian akan didapatkan hasil yang kemudian akan dilakukan analisis hasil dan pembahasan terhadap data-data yang diperoleh. Adapun analisis dan pembahasan hasil penelitian yang akan dikemukakan disini meliputi berat jenis beton, kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton.

5.1 Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini perlu dibahas bahan penyusun beton itu sendiri, salah satunya adalah hasil pemeriksaan dari karakteristik bahan susun beton.

5.1.1 Karakteristik Bahan Susun Beton

Bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah semen portland, agregat halus, agregat kasar, air dan *fly ash*.

1. Semen Portland

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland yang banyak dijumpai dipasaran yang disertai dengan data sebagai berikut :

- a. berat jenis semen $3,15 \text{ gr/cm}^3$
- b. semen tipe I merk Gresik

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir alami dengan data bahan sebagai berikut :

- pasir alami yang digunakan berasal dari sungai Boyong, Kabupaten Sleman
- berat jenis pasir $2,540 \text{ gr/cm}^3$, dan
- berat volume pasir $1,5658 \text{ t/m}^3$
- hasil analisis modulus butir halus (mhb) dari pasir dapat ditunjukkan dengan

Tabel 5.1 sebagai berikut :

Tabel 5.1 Gradasi pasir alam asal sungai Boyong

Lubang Ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat tertinggal (%) Kumulatif	
	I	II	I	II	I	II
Percobaan						
4.75	10,30	20,40	0,688	1,365	0,688	1,365
2.36	103,60	123,30	6,927	8,254	7,615	9,619
1.18	332,00	301,30	22,199	20,168	29,814	29,787
0.600	453,40	421,00	30,318	28,182	60,132	57,969
0.300	318,40	324,50	21,292	21,723	81,424	79,692
0.150	206,70	221,30	13,822	14,813	95,246	94,505
Pan	71,10	82,10	4,754	5,495	-----	-----
Jumlah	1495,5	1493,9	100	100	274,919	272,937
Jumlah rata-rata	1494,70		100		273,928	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (mhb)} &= \frac{\% \text{ berat tertinggal}}{100} \\
 &= \frac{273,928}{100} = 2,74
 \end{aligned}$$

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berupa batu pecah dan pecahan genteng dari Godean dengan data-data sebagai berikut :

- a. batu pecah berasal dari Clereng, Kabupaten Kulon Progo
- b. berat jenis kering permukaan (SSD) batu pecah $2,564 \text{ gr/cm}^3$
- c. berat volume (SSD) batu pecah $1,5142 \text{ t/m}^3$
- d. pecahan genteng berasal dari Godean Sleman Yogyakarta
- e. berat volume kering permukaan (SSD) pecahan genteng $1,2270 \text{ t/m}^3$
- f. berat jenis kering permukaan (SSD) pecahan genteng $2,011 \text{ gr/cm}^3$
- g. keausan pecahan genteng 69,36%

4. Air

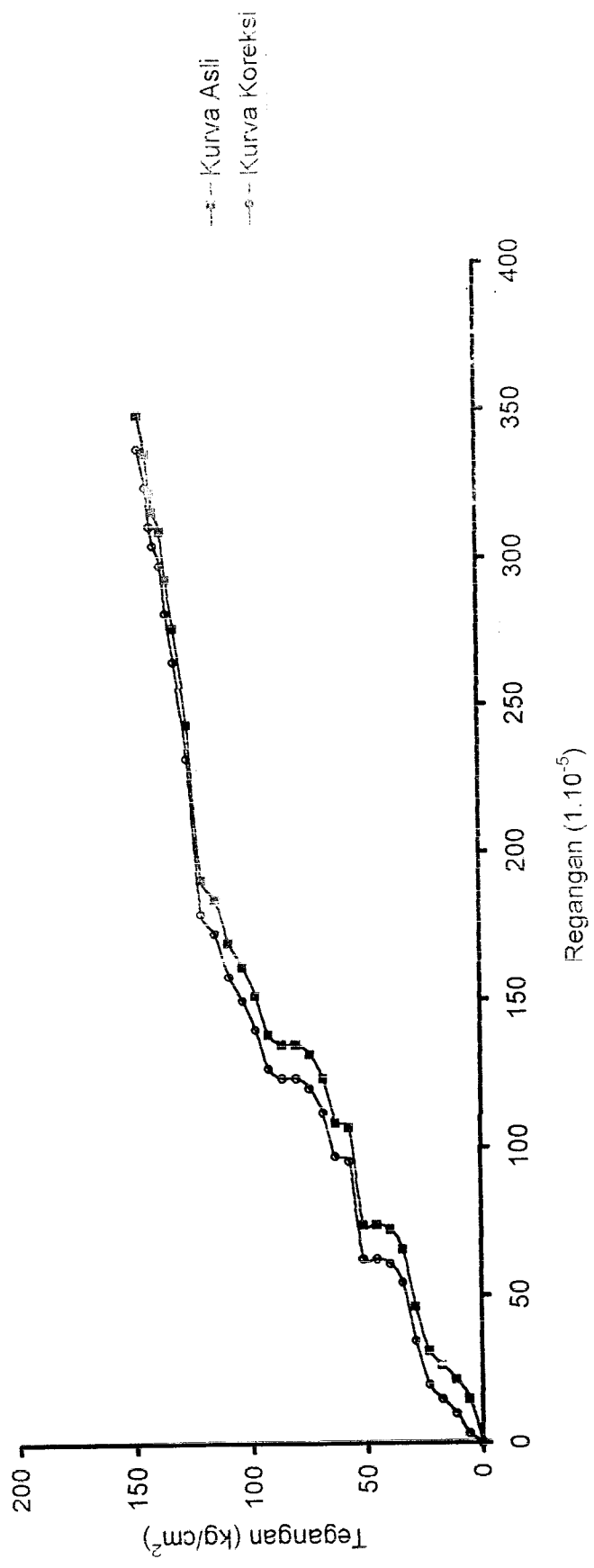
Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari air PAM Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik FTSP UII.

5. Bahan *Pozzolan*

Penelitian ini memakai bahan *pozzolan* berupa Abu terbang (*fly ash*) dari hasil limbah PT. South Pasific Viscose Purwakarta Jawa Barat yang lolos saringan nomor 200.

5.2 Hasil Pengujian

Untuk memperjelas hasil penelitian, berikut ini akan diuraikan ringkasan hasil pengujian dari karakteristik beton itu sendiri yang akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Pengujian kuat desak beton dilakukan terhadap benda uji umur 14 hari dan 28 hari, maka diperoleh hasil kuat desak beton yang ditunjukkan pada Tabel 5.2. sampai dengan Tabel 5.7.



Gambar 5.15 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 100 % (V6) Umur 28 Hari

4. Variasi-4 (BV4)

Dari Gambar 5.12 diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 8,288 \cdot 10^{-5}$ (geser ke kiri)
dan didapat batas sebanding, $\sigma_p = 16,472 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 9,948 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{16,472 \text{ kg/cm}^2}{9,948 \cdot 10^{-5}} = 1,655 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

5. Variasi-5 (BV5)

Dari Gambar 5.13 diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 6,621 \cdot 10^{-5}$ (geser ke kiri)
dan didapat batas sebanding, $\sigma_p = 13,847 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 11,140 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{13,847 \text{ kg/cm}^2}{11,140 \cdot 10^{-5}} = 1,243 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

6. Variasi-6 (BV6)

Dari Gambar 5.14 diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 11,53 \cdot 10^{-5}$ (geser ke kiri)
dan didapat batas sebanding, $\sigma_p = 11,104 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 9,984 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{11,104 \text{ kg/cm}^2}{9,984 \cdot 10^{-5}} = 1,112 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 5.2 Hasil kuat desak beton *fly ash* dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 0%

Beton Umur 14 Hari

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm²)
1	13,297	2,417	625	355,889	260,291
2	12,945	2,417	570	328,907	
3	13,110	2,440	410	235,013	
4	12,641	2,341	275	156,587	
5	12,722	2,352	390	255,039	

Beton Umur 28 Hari

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm²)
1	12,900	2,432	725	418,356	378,567
2	12,600	2,378	515	296,379	
3	13,200	2,449	675	389,489	
4	12,800	2,376	715	411,514	
5	12,900	2,403	660	379,832	

Tabel 5.3 Hasil kuat desak beton *fly ash* dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 20%

Beton Umur 14 Hari

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm²)
1	12,739	2,324	360	206,359	206,563
2	12,132	2,286	337	194,459	
3	12,464	2,297	390	222,072	
4	12,204	2,297	355	202,147	
5	12,335	2,318	360	207,735	

Beton Umur 28 Hari

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm²)
1	12,500	2,312	440	253,898	247,820
2	12,400	2,303	490	297,757	
3	12,300	2,277	420	240,743	
4	12,400	2,275	405	229,699	
5	12,200	2,271	410	235,013	

Tabel 5.4 Hasil kuat desak beton *fly ash* dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 40%

Beton Umur 14 Hari

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm²)
1	11,944	2,218	300	170,822	194,928
2	11,985	2,219	350	199,292	
3	12,062	2,222	380	217,820	
4	11,974	2,245	310	178,878	
5	12,225	2,253	365	207,837	

Beton Umur 28 Hari

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm²)
1	11,900	2,215	400	227,773	213,986
2	11,900	2,201	360	204,992	
3	11,900	2,222	350	201,964	
4	11,900	2,226	420	242,354	
5	11,850	2,197	340	192,837	

Tabel 5.5 Hasil kuat desak beton *fly ash* dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 60%

Beton Umur 14 Hari

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm²)
1	11,535	2,161	320	184,649	166,121
2	11,748	2,172	257	147,317	
3	11,625	2,178	302	173,014	
4	11,430	2,137	280	160,502	
5	11,780	2,181	286	165,029	

Beton Umur 28 Hari

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm²)
1	11,700	2,171	300	171,964	180,703
2	11,600	2,162	335	192,022	
3	11,550	2,166	325	187,535	
4	11,800	2,189	310	178,878	
5	11,400	2,143	300	173,116	

Tabel 5.6 Hasil kuat desak beton *fly ash* dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 80%

Beton Umur 14 Hari

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm ³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm ²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)
1	11,145	2,095	270	155,801	148,908
2	11,318	2,079	230	130,972	
3	11,235	2,084	270	153,742	
4	11,234	2,099	265	152,508	
5	11,115	2,077	265	151,498	

Beton Umur 28 Hari

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm ³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm ²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)
1	11,300	2,117	260	150,029	154,792
2	11,300	2,124	255	147,144	
3	11,200	2,113	272	156,954	
4	11,100	2,094	275	158,687	
5	11,300	2,112	280	161,145	

Tabel 5.7 Hasil kuat desak beton *fly ash* dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 100%

Beton Umur 14 Hari

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm²)
1	11,295	2,061	270	153,742	131,492
2	11,115	2,062	215	124,068	
3	10,885	2,039	220	126,107	
4	11,140	2,036	217	122,589	
5	11,105	2,046	230	130,972	

Beton Umur 28 Hari

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm²)
1	10,700	2,018	247	142,525	141,942
2	11,100	2,019	250	142,352	
3	11,000	2,035	245	140,995	
4	11,000	2,044	236	136,182	
5	11,200	2,034	255	147,144	

5.2.1 Karakteristik Beton

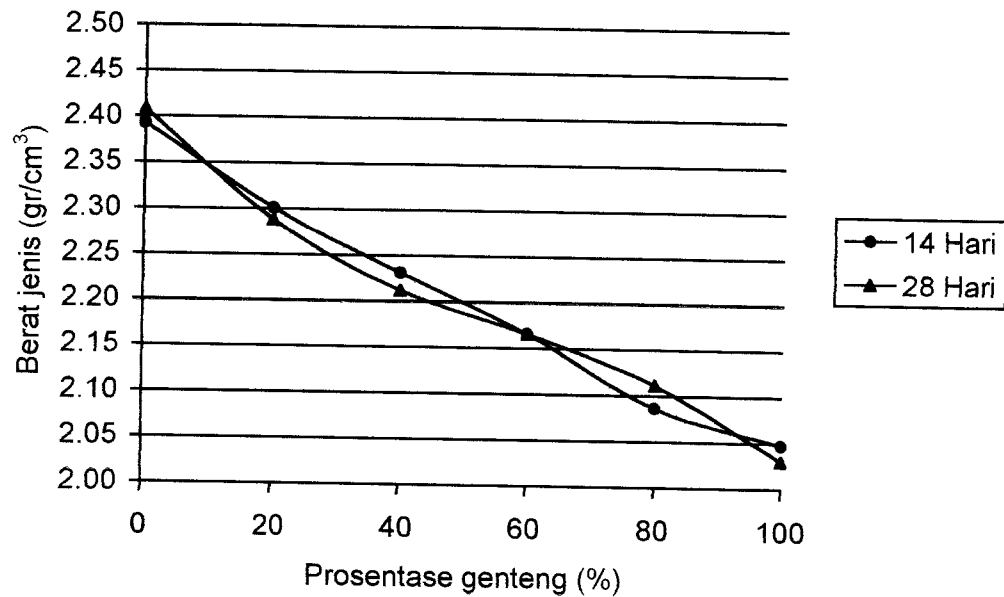
Sebagaimana telah disebutkan pada Bab I, bahwa penelitian pada tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton yang menggunakan campuran pecahan batu dan pecahan genteng dari Godean, maka akan dijelaskan hasil pengujian dari karakteristik beton yaitu berat jenis beton, kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton.

a. Berat Jenis Beton

Sebagaimana telah disebutkan dalam tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik fisik beton, diantaranya yaitu berat jenis beton yang dihasilkan. Adapun hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.1

Tabel 5.8 Berat jenis beton rata-rata

Variasi	Berat jenis rata-rata pada umur (gr/cm ³)	
	14 hari	28 hari
BV1	2,393	2,408
BV2	2,301	2,288
BV3	2,231	2,212
BV4	2,166	2,166
BV5	2,087	2,112
BV6	2,048	2,030



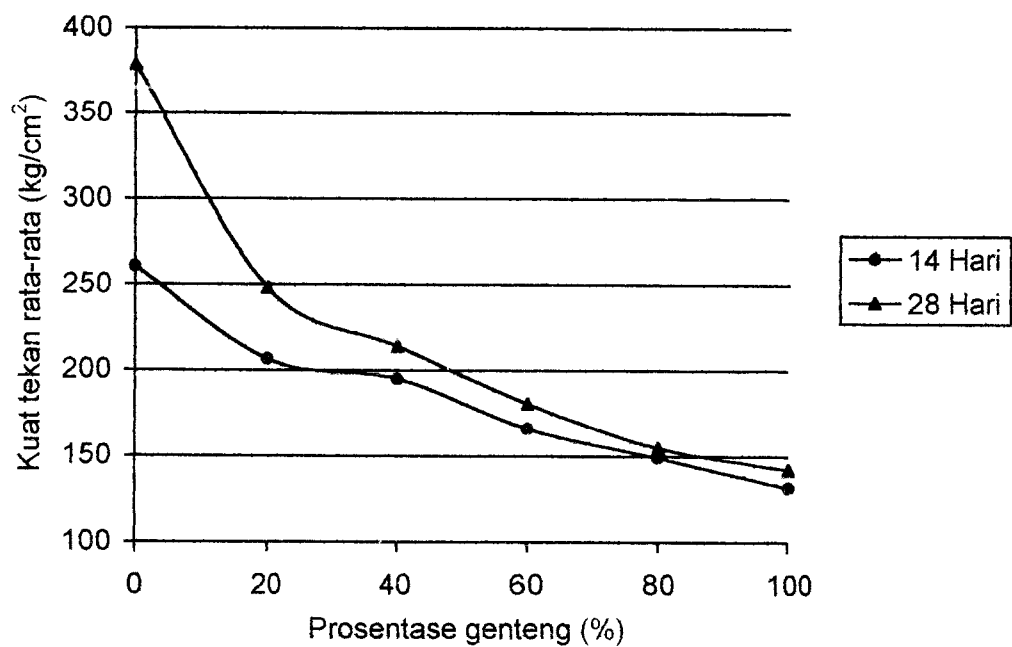
Gambar 5.1 Grafik berat jenis rata-rata beton

b. Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton *fly ash* dengan variasi campuran antara pecahan genteng dari Godean dan batu pecah diatas, pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.2 didapatkan bahwa kuat tekan rata-rata semakin berkurang seiring dengan penambahan prosentase pecahan genteng pada beton tersebut.

Tabel 5.9 Kuat tekan rata-rata beton (fcr)

Variasi	Kuat tekan rata-rata beton umur (kg/cm ²)	
	14 hari	28 hari
BV1	260,291	378,567
BV2	206,563	247,820
BV3	194,928	213,986
BV4	166,121	180,703
BV5	148,908	154,792
BV6	131,492	141,942

**Gambar 5.2** Grafik kuat tekan rata-rata beton

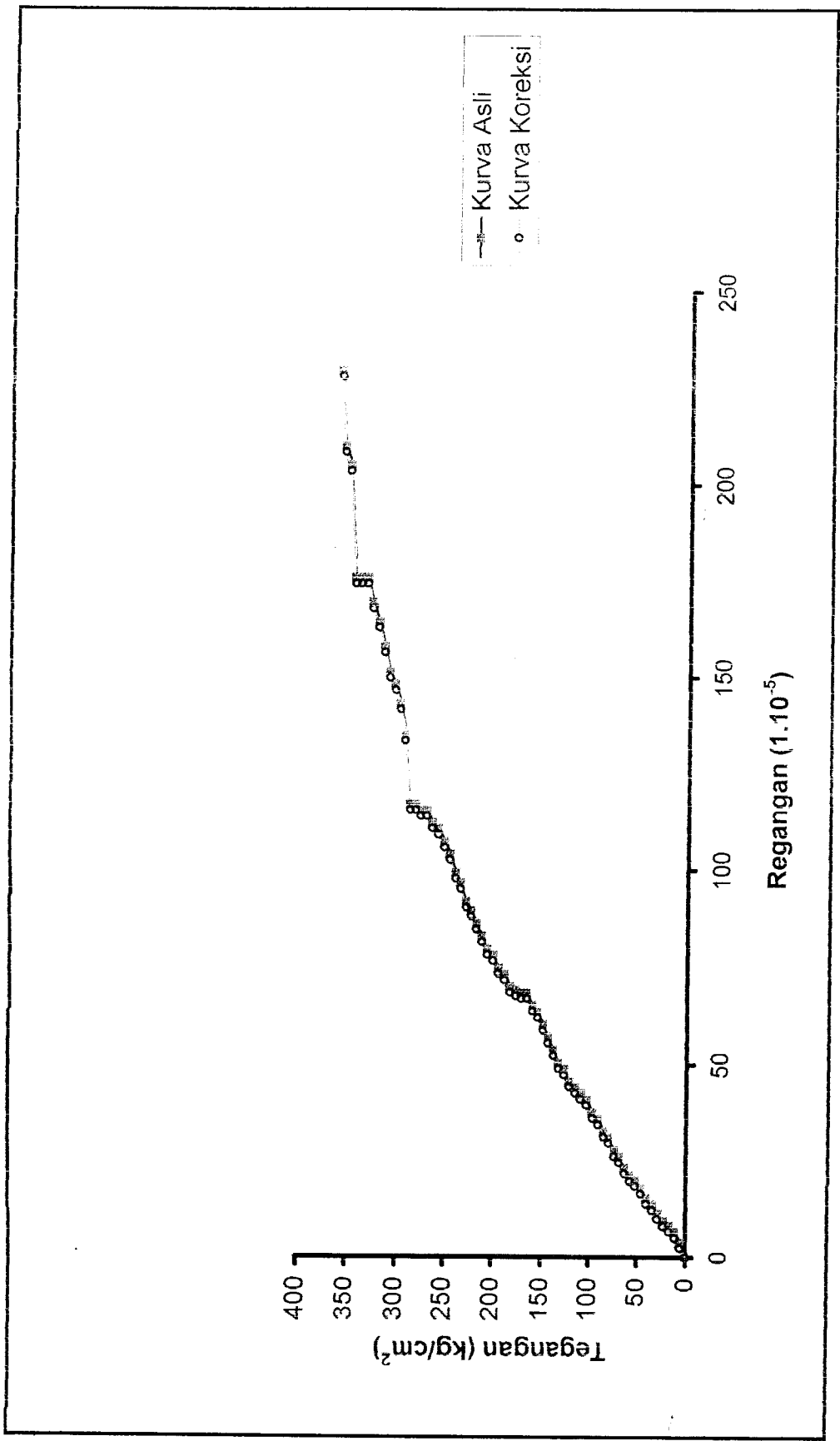
c. Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastis beton dilaksanakan setelah umur beton mencapai 28 hari dengan menggunakan sampel yang sama pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari. Adapun ringkasan hasil pengujian dari setiap variasi campuran kerikil dan pecahan genteng dari Godean dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Gambar 5.3 sampai dengan Gambar 5.14.

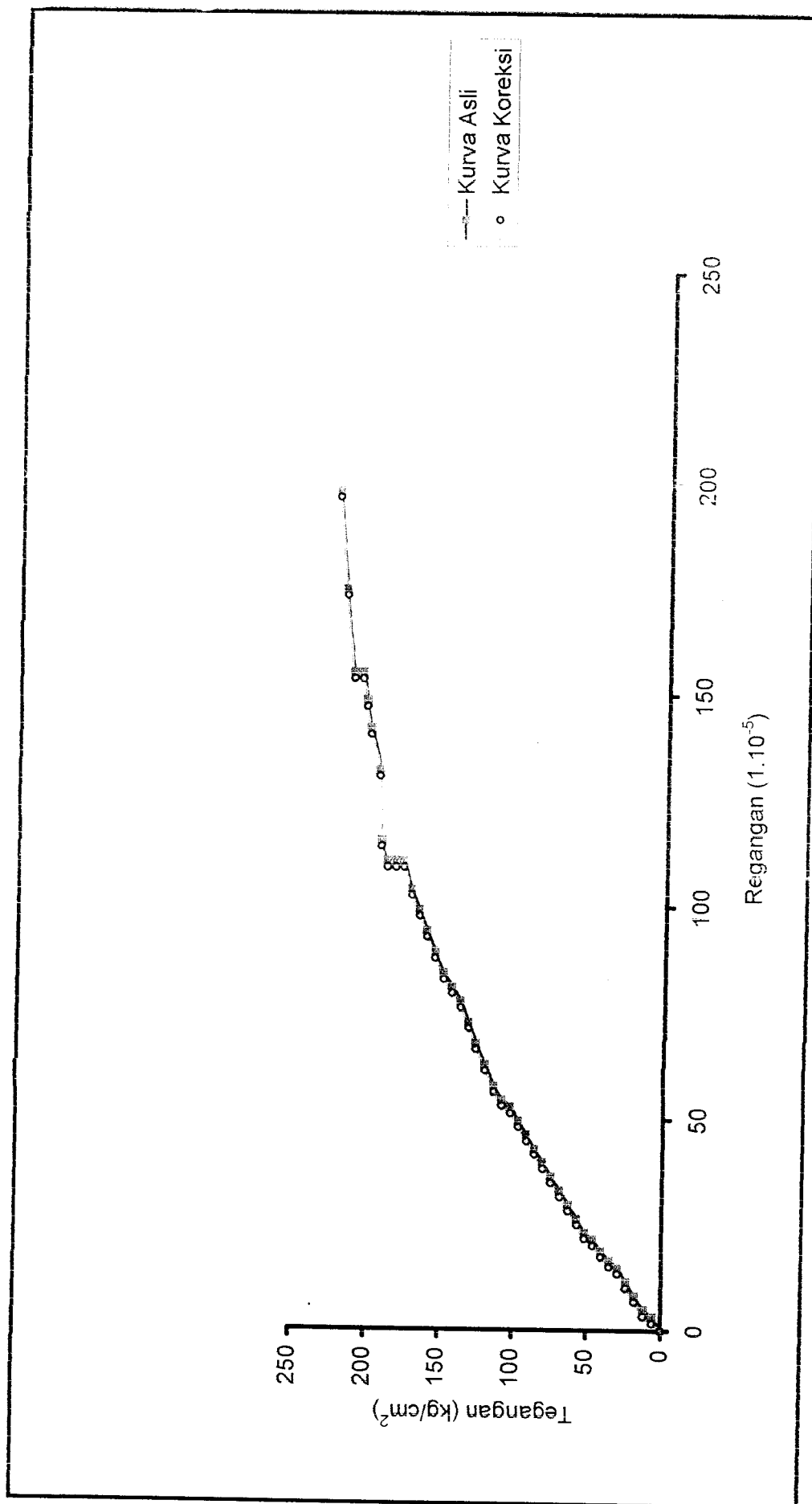
Tabel 5.10 Tegangan dan regangan beton pada pengujian kuat tekan beton umur 14 dan 28 hari dengan 6 (enam) variasi

Variasi	Beton Umur 14 Hari		Beton Umur 28 Hari	
	Tegangan (kg/cm ²)	Regangan (1.10 ⁻⁵)	Tegangan (kg/cm ²)	Regangan (1.10 ⁻⁵)
BV1	358,252	229,492	417,126	253,165
BV2	223,550	198,020	280,423	262,110
BV3	200,090	225,464	240,233	300,826
BV4	183,915	251,656	192,148	261,936
BV5	154,601	275,748	161,566	178,808
BV6	154,108	287,582	146,674	349,259

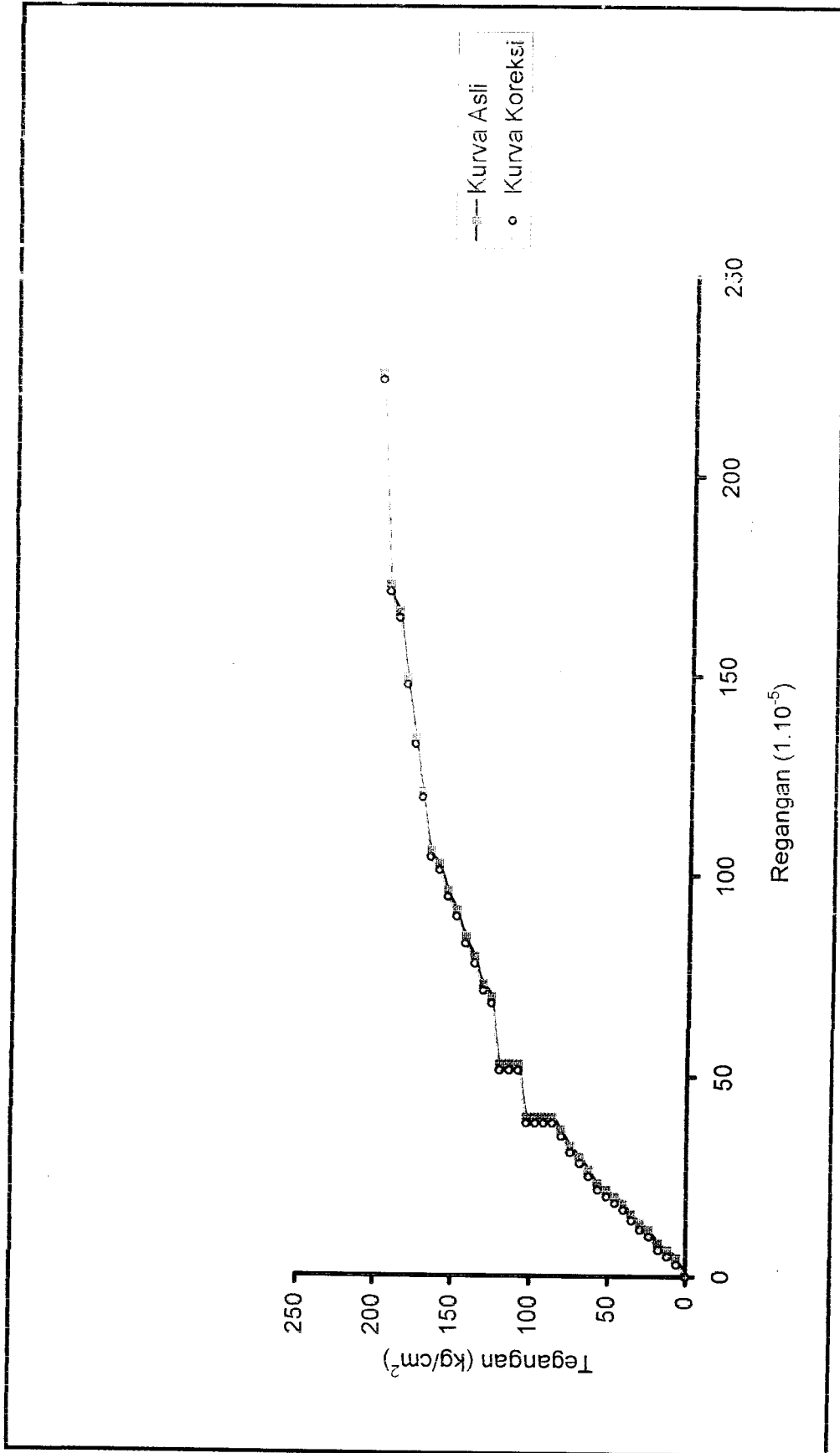
Sesuai dengan teori elastisitas, pada umumnya kemiringan kurva pada tahap awal menggambarkan nilai modulus elastisitas bahan (*Dipohusodo, 1994*). Adapun grafik tegangan-regangan beton umur 14 dan 28 hari dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat dilihat pada Gambar 5.3 sampai dengan Gambar 5.14 berikut ini.



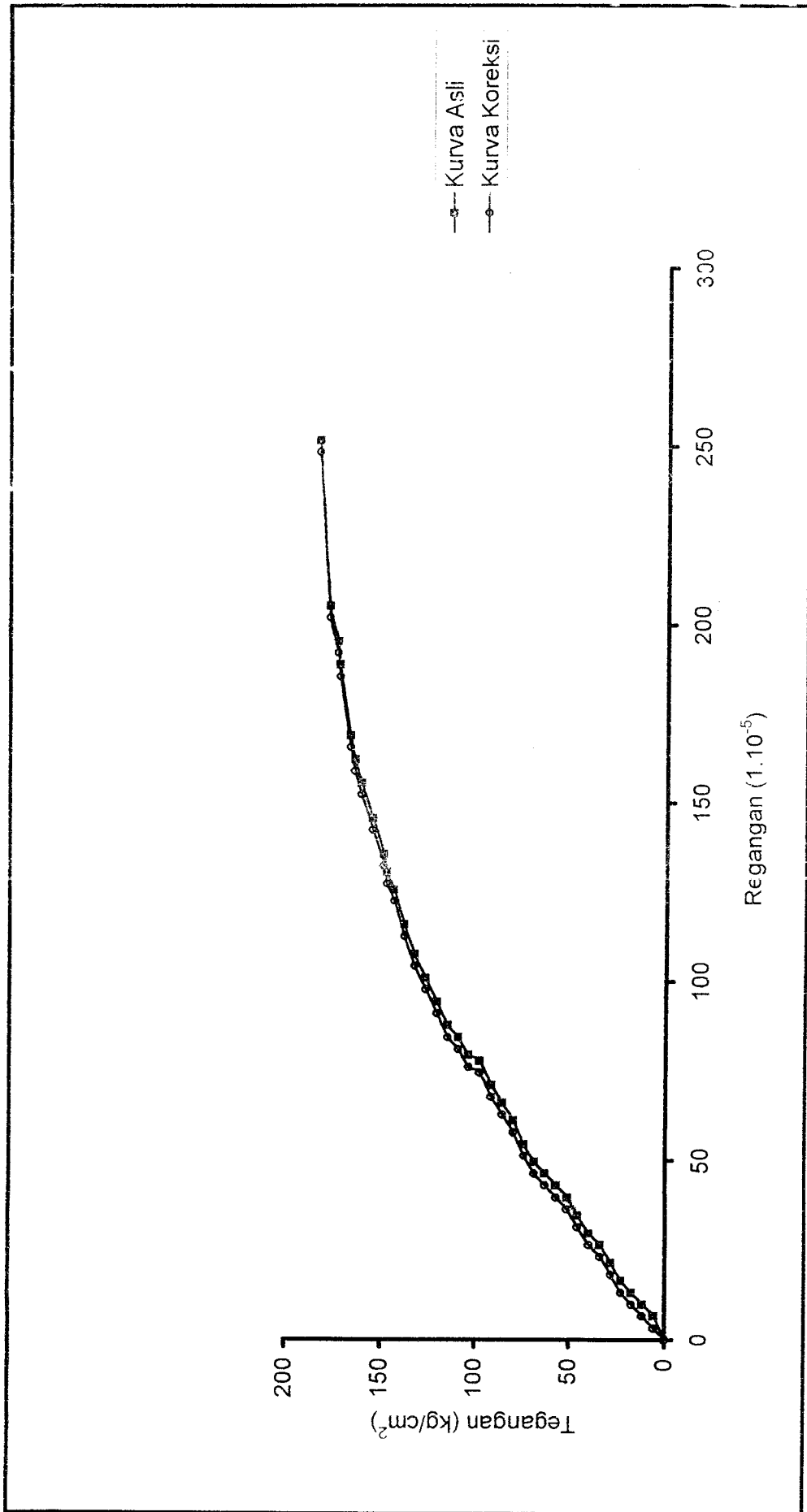
Gambar 5.3 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 0 % (V1) Ujmur 14 Hari



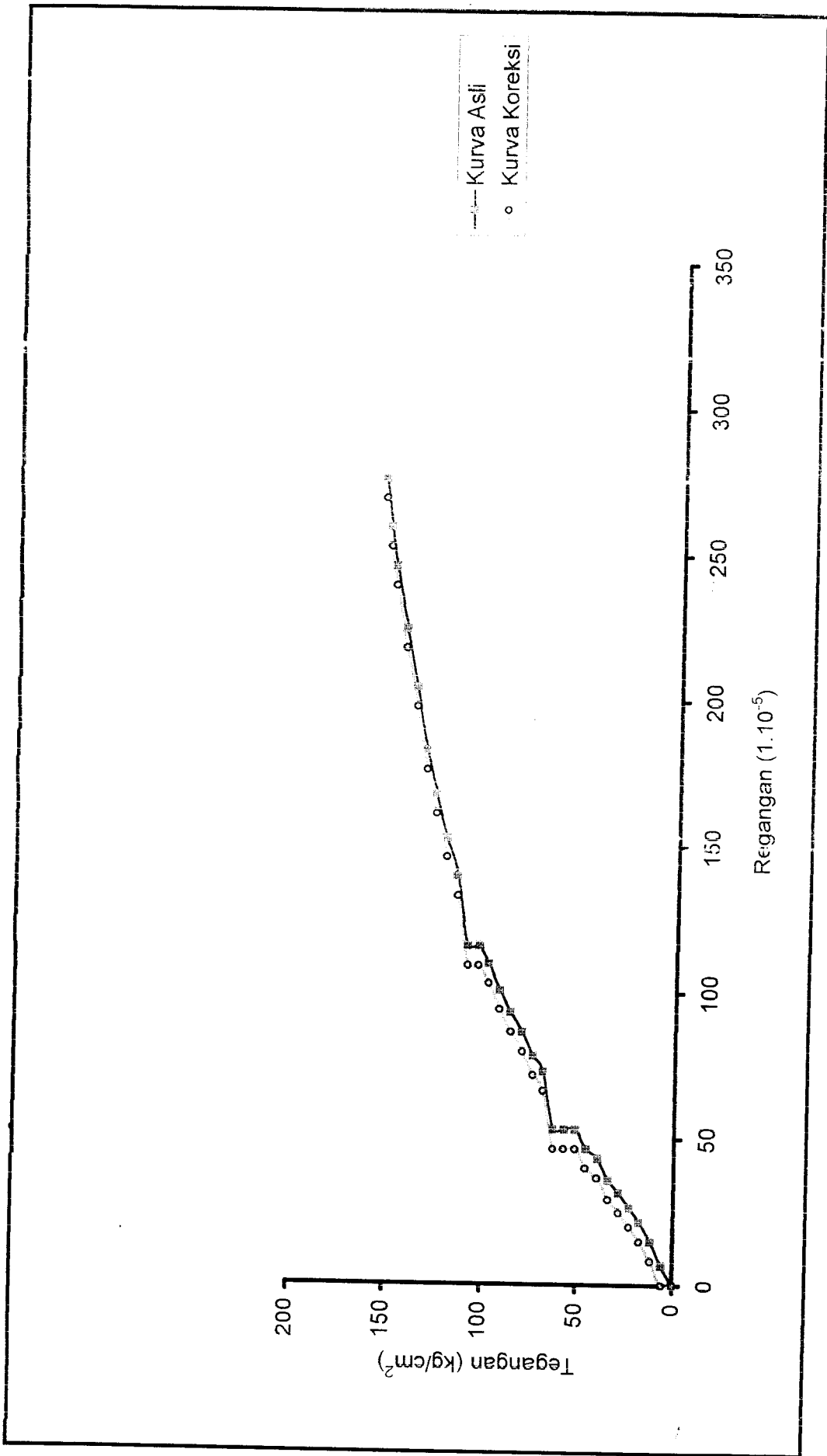
Gambar 5.4 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 20 % (V2) Unsur 14 Hari



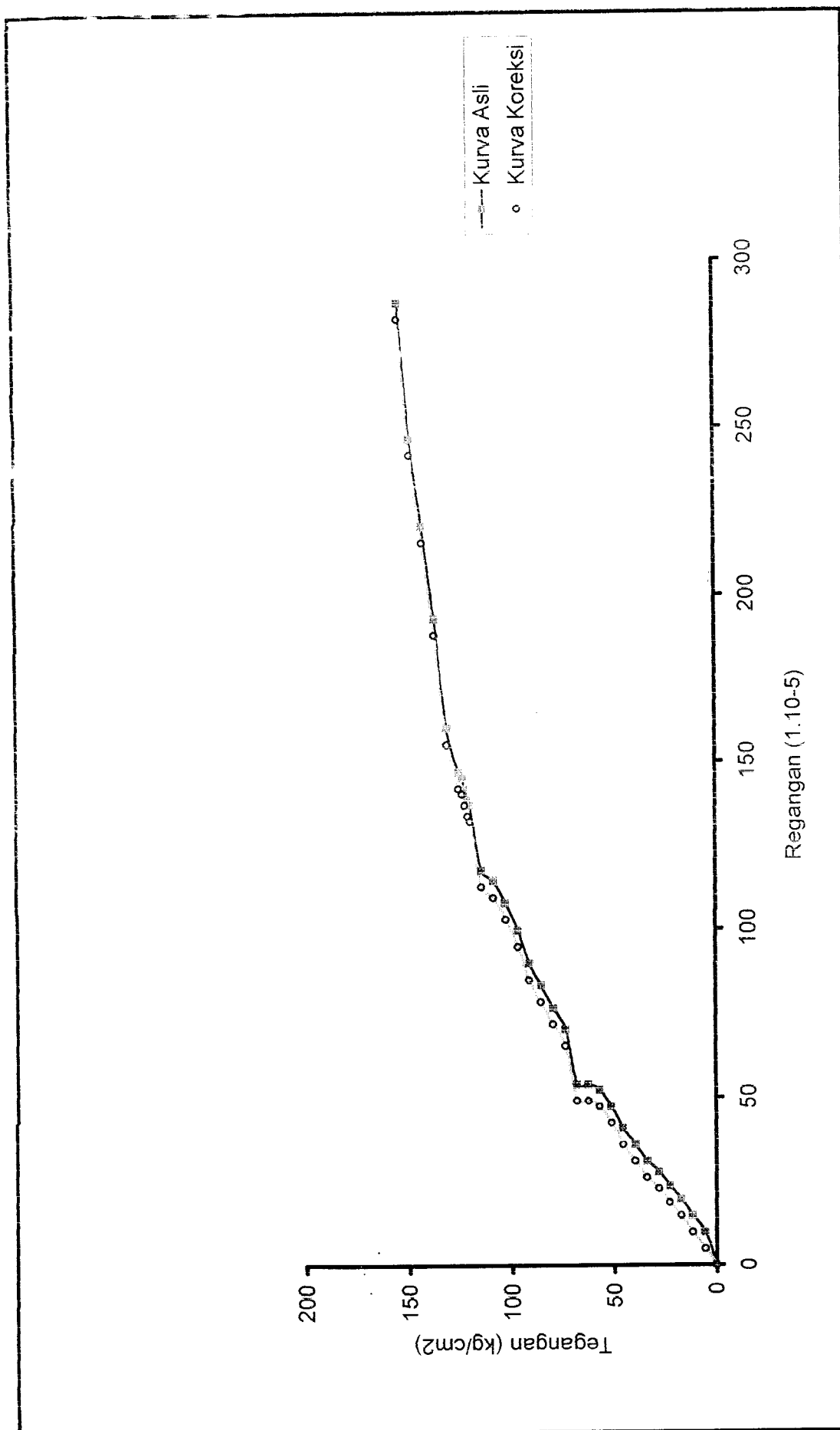
Gambar 5.5 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 40% (V3) Umur 14 Hari



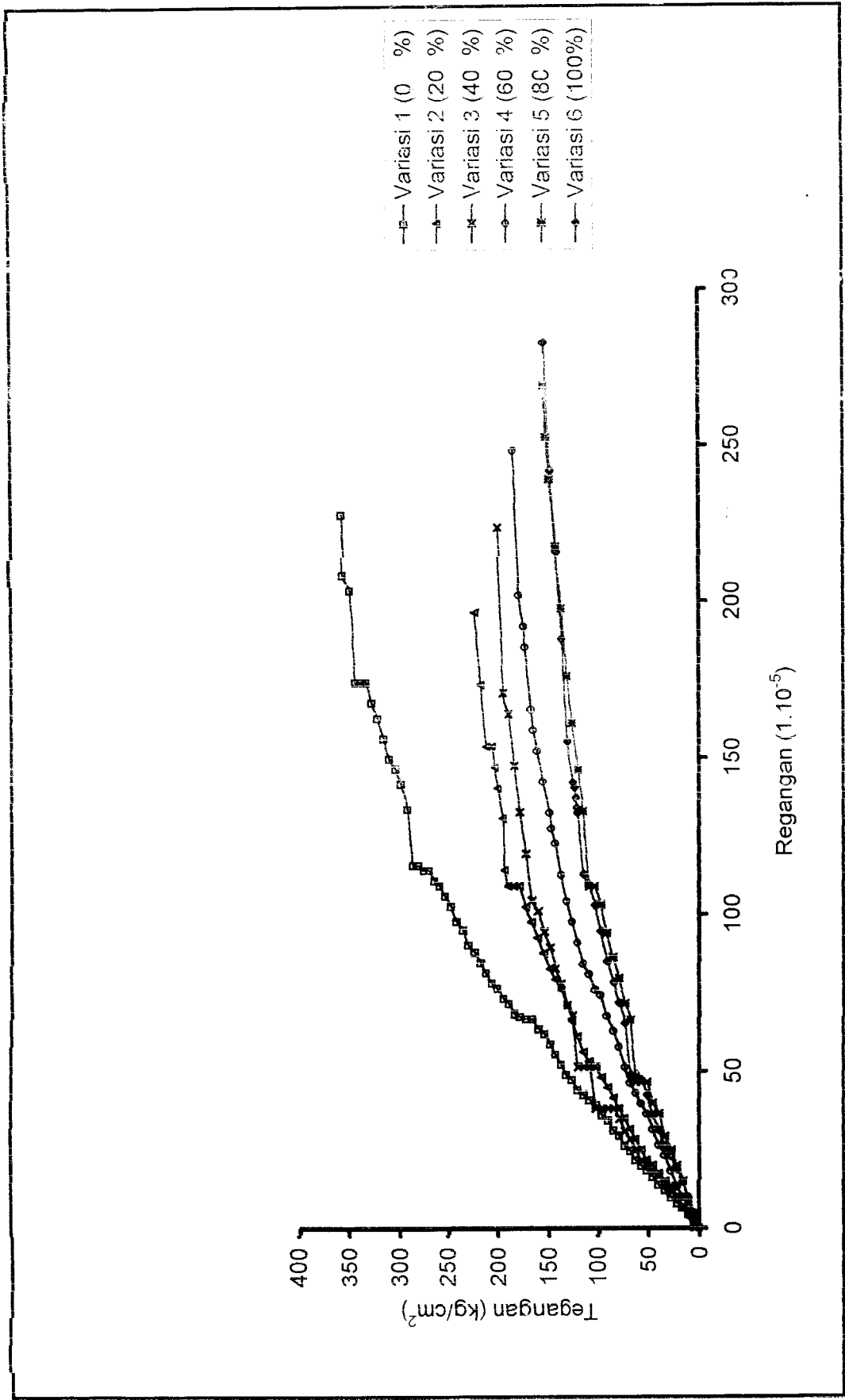
Gambar 5.6 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 60 % (V4) Umur 14 Hari



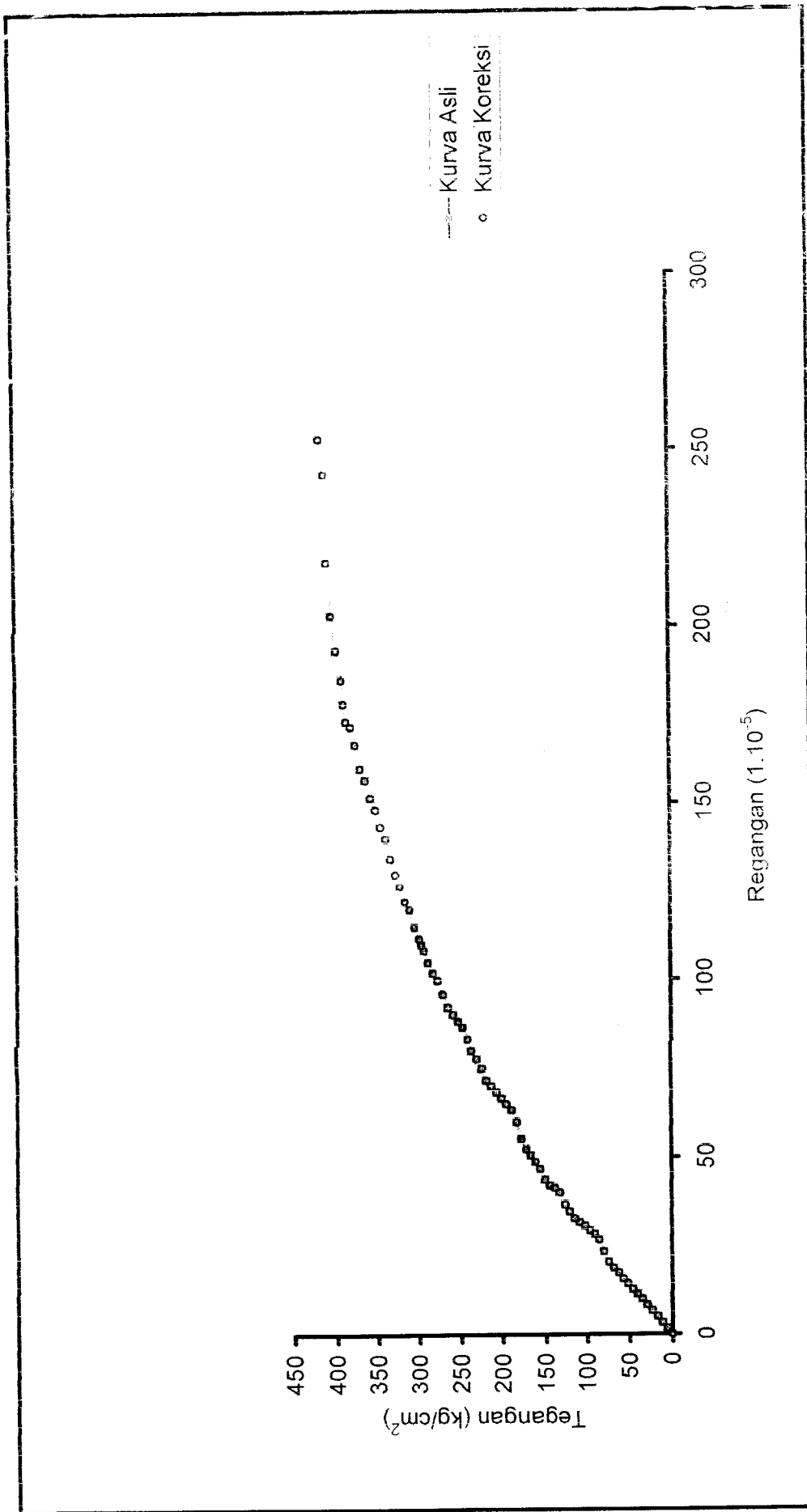
Gambar 5.7 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 80 % (V5) Ujmur 14 Hari



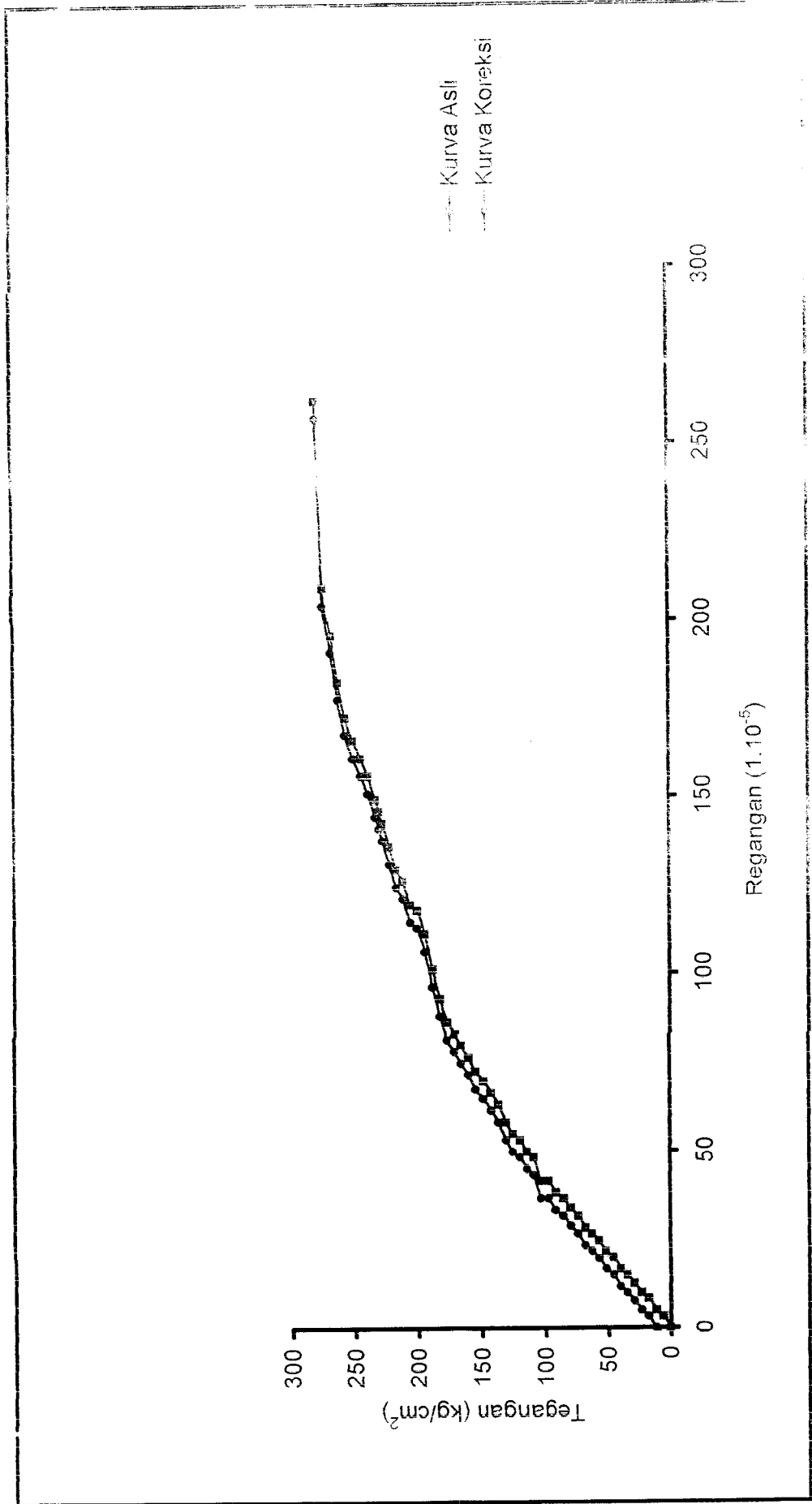
Gambar 5.8 Grafik Tegangan Regangan Dengan Prosentase Genteng 100 % (V6) Umur 14 Hari



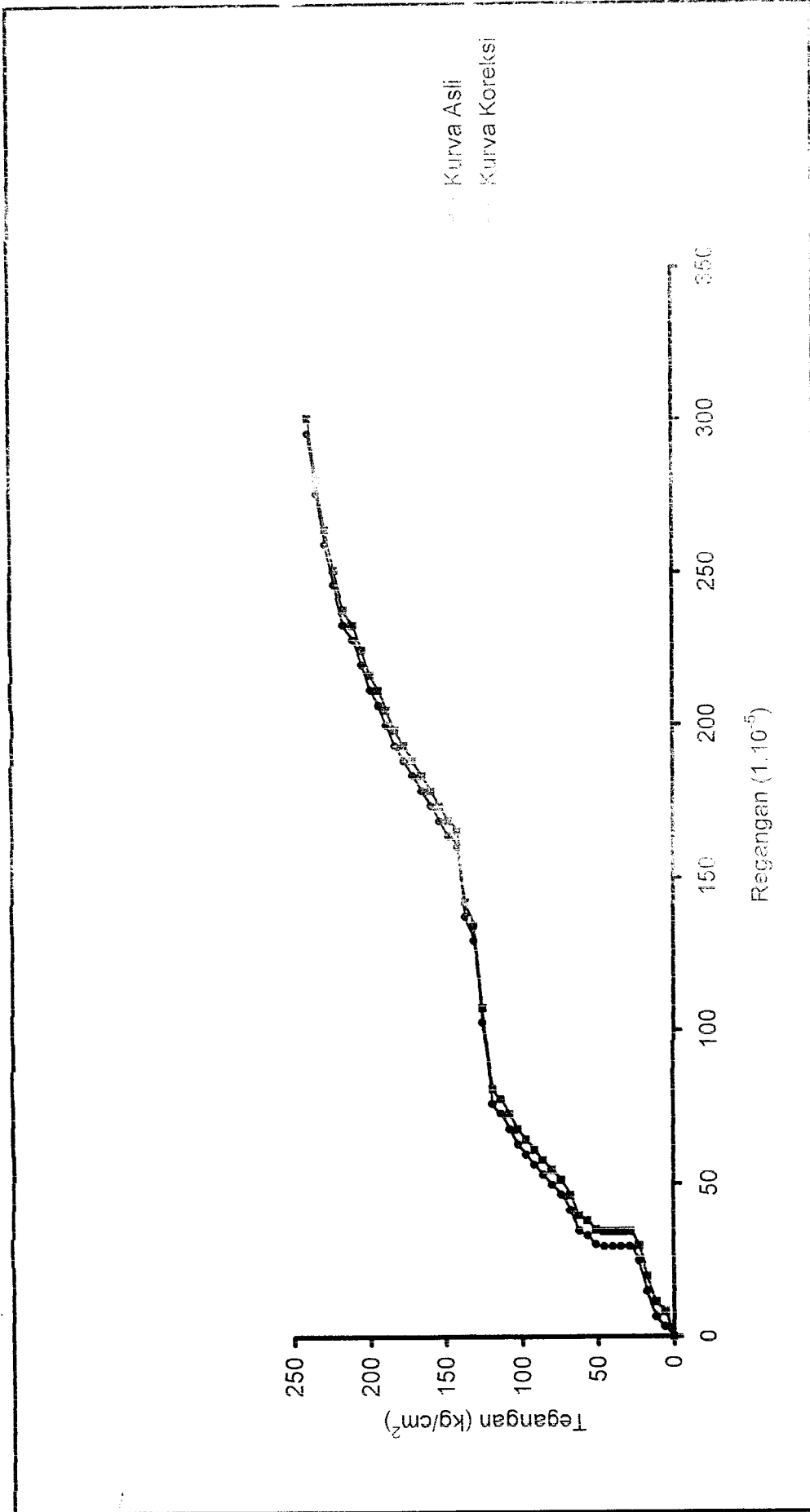
Gambar 5.9 Grafik Tegangan Regangan Dengan Prosentase Genteng 0% sampai dengan 100% Umur 14 Hari



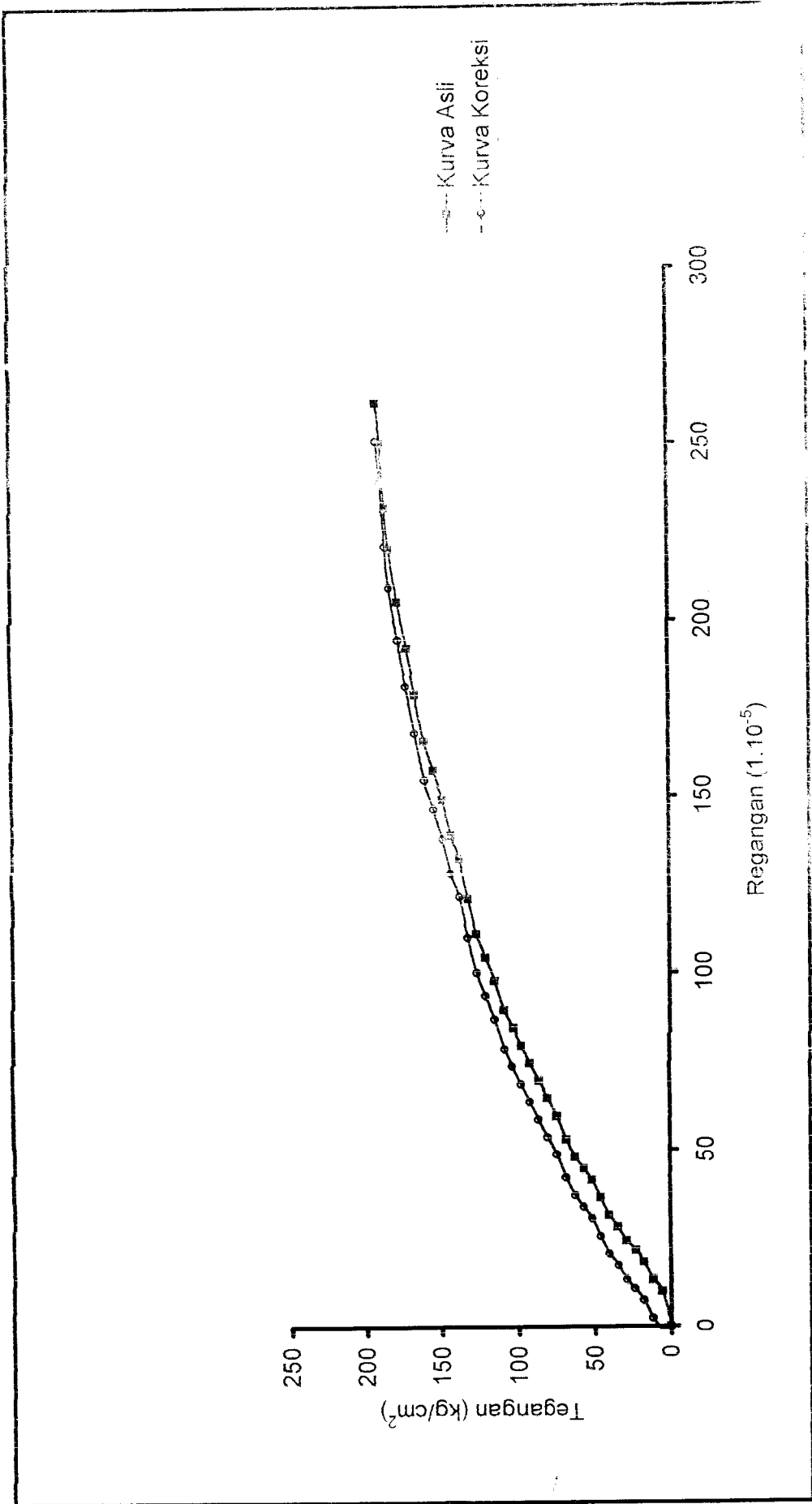
Gambar 5.10 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 0 % (M1) Ur: ur 28 Hari



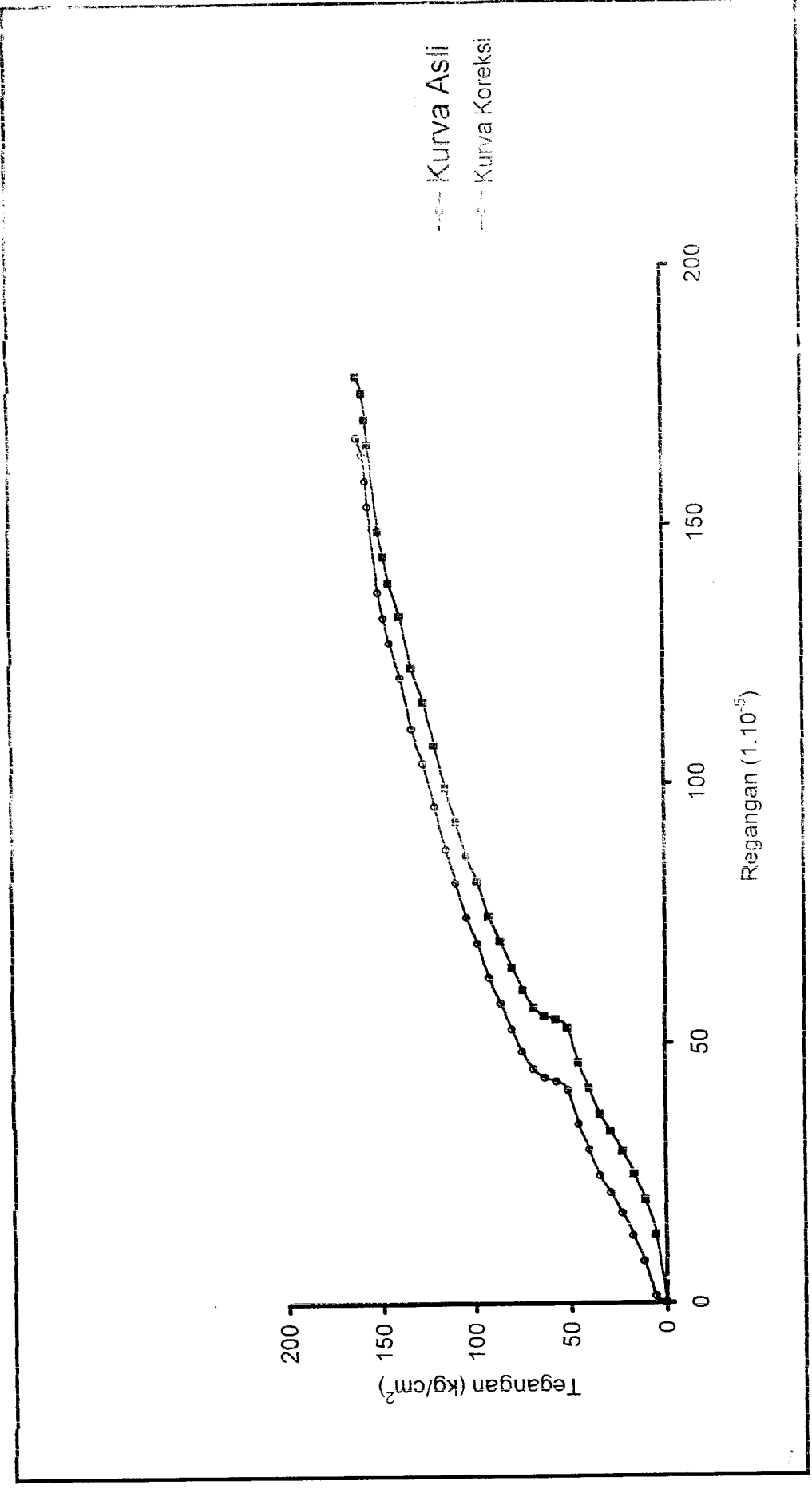
Gambar 5.11 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 40% (V2) Umur 28 Hari



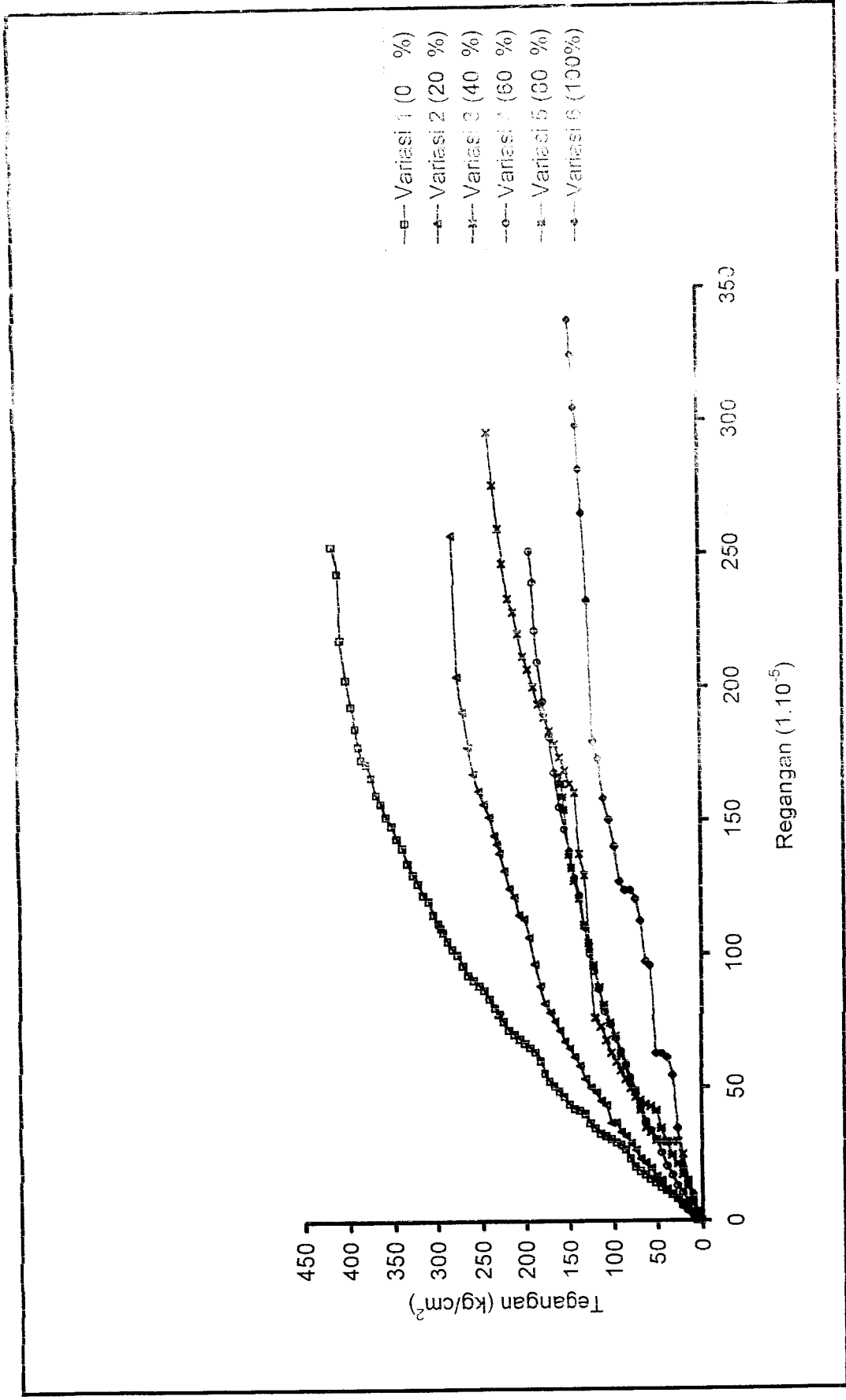
Gambar 5.12 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 40% (V3) Umur 28 Hari



Gambar 5.13 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 1% (V4) Unsur 28 Hari



Gambar 5.14 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 80 % (M5) Umur 28 Hari



Gambar 5.16 Grafik Tegangan Regangan Dengan Prosentase Genteng 0% sampai dengan 100% Umur 28 Hari

Dari Gambar 5.9 sampai dengan Gambar 5.14 dapat dihitung besarnya modulus elastis beton umur 28 hari untuk setiap variasi seperti berikut ini.

1. Variasi-1 (BV1)

Dari Gambar 5.9 diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,003 \cdot 10^{-5}$ (geser ke kiri) dan didapat batas sebanding, $\sigma_p = 74,795 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 20,317 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{74,795 \text{ kg/cm}^2}{20,317 \cdot 10^{-5}} = 3,681 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

2. Variasi-2 (BV2)

Dari Gambar 5.10 diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,282 \cdot 10^{-5}$ (geser ke kiri) dan didapat batas sebanding, $\sigma_p = 97,290 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 41,191 \cdot 10^{-5}$$

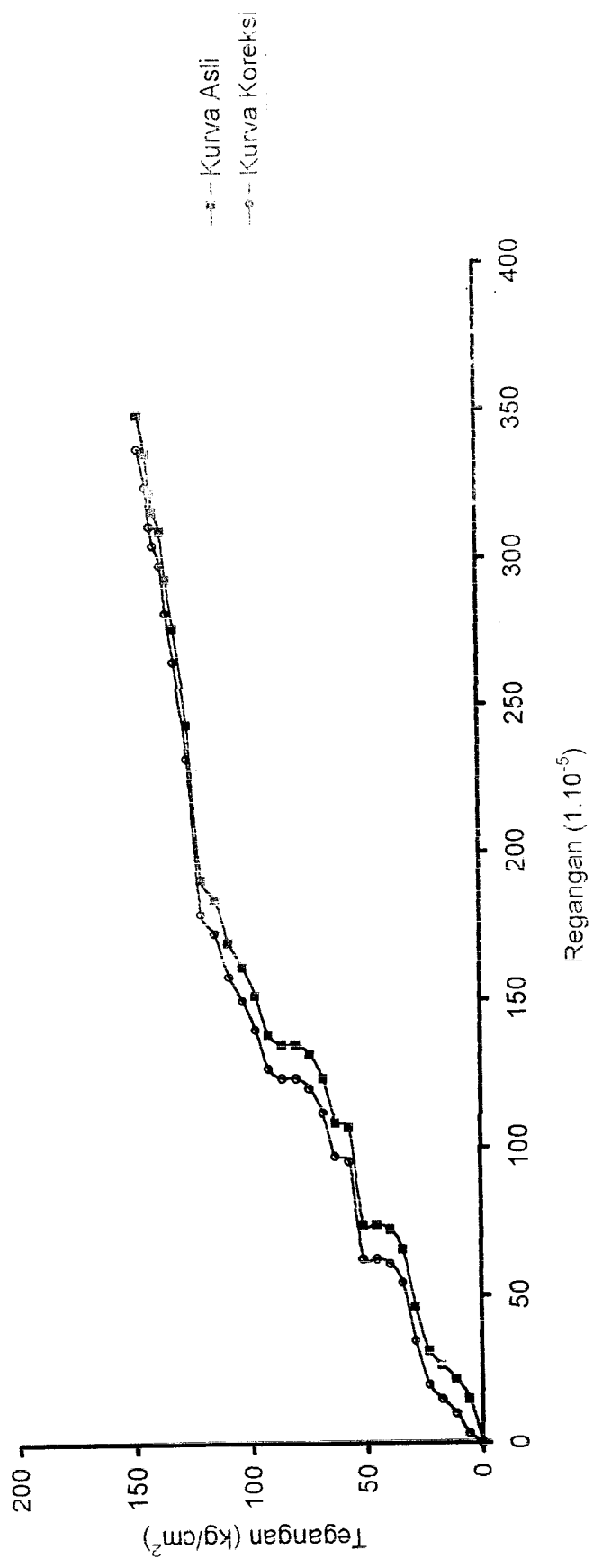
$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{97,290 \text{ kg/cm}^2}{41,191 \cdot 10^{-5}} = 2,362 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

3. Variasi-3 (BV3)

Dari Gambar 5.11 diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 4,877 \cdot 10^{-5}$ (geser ke kiri) dan didapat batas sebanding, $\sigma_p = 12,440 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 6,693 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{12,440 \text{ kg/cm}^2}{6,693 \cdot 10^{-5}} = 1,859 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 5.15 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 100 % (V6) Umur 28 Hari

4. Variasi-4 (BV4)

Dari Gambar 5.12 diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 8,288 \cdot 10^{-5}$ (geser ke kiri)
dan didapat batas sebanding, $\sigma_p = 16,472 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 9,948 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{16,472 \text{ kg/cm}^2}{9,948 \cdot 10^{-5}} = 1,655 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

5. Variasi-5 (BV5)

Dari Gambar 5.13 diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 6,621 \cdot 10^{-5}$ (geser ke kiri)
dan didapat batas sebanding, $\sigma_p = 13,847 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 11,140 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{13,847 \text{ kg/cm}^2}{11,140 \cdot 10^{-5}} = 1,243 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

6. Variasi-6 (BV6)

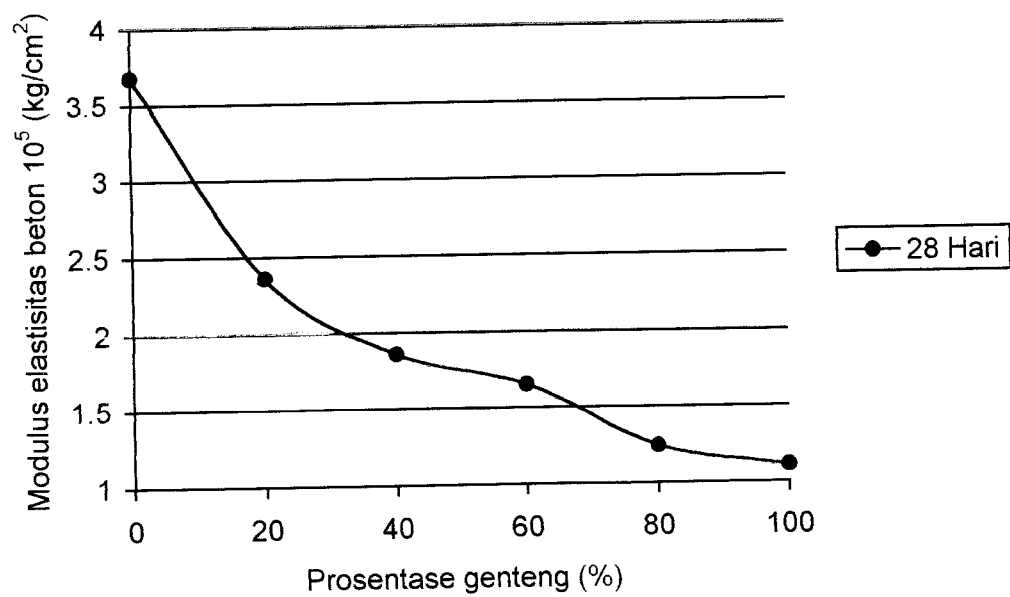
Dari Gambar 5.14 diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 11,53 \cdot 10^{-5}$ (geser ke kiri)
dan didapat batas sebanding, $\sigma_p = 11,104 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 9,984 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{11,104 \text{ kg/cm}^2}{9,984 \cdot 10^{-5}} = 1,112 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 5.11 Modulus Elastis Beton Umur 28 hari

Variasi	Modulus Elastis Beton $\times 10^5$ (kg/cm ²)
BV1	3,681
BV2	2,362
BV3	1,859
BV4	1,655
BV5	1,243
BV6	1,112



Gambar 5.17 Grafik modulus elastis beton umur 28 hari

5.3 Pembahasan

Sebelum menarik kesimpulan, perlu dilakukan terlebih dahulu pembahasan mengenai pelaksanaan dan hasil yang diperoleh dari penelitian berdasarkan teori yang melandasi. Hal-hal yang perlu dibahas dalam penelitian ini yaitu mengenai berat jenis, kuat tekan dan modulus elastisitas beton pada umur 28 hari.

5.3.1 Berat Jenis Beton

Berat jenis beton sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan-bahan penyusunnya. Sehingga bila bahan penyusunnya memiliki berat jenis yang besar, maka beton yang dihasilkan akan memiliki berat jenis yang besar pula.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini, beton dengan agregat kasar variasi campuran batu pecah dan genteng dari Godean memiliki berat jenis rata-rata pada umur 28 hari yaitu untuk BV1 (100% kerikil) sebesar 2,408 gr/cm^3 , BV2 (80% kerikil – 20% genteng) sebesar 2,288 gr/cm^3 , BV3 (60% kerikil – 40% genteng) sebesar 2,212 gr/cm^3 , BV4 (40% kerikil – 60% genteng) sebesar 2,166 gr/cm^3 , BV5 (20% kerikil – 80% genteng) sebesar 2,112 gr/cm^3 , BV6 (0% kerikil – 100% genteng) sebesar 2,030 gr/cm^3 . Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa terjadi perubahan penurunan berat jenis yang begitu nyata. Hal ini terjadi karena pada setiap variasinya terjadi penambahan agregat kasar genteng sebanyak 20% dan diketahui bahwa berat jenis genteng kondisi SSD lebih kecil dibandingkan dengan berat jenis batu pecah (SSD) yaitu sebesar 2,011 gr/cm^3 . Sehingga semakin besar komposisi bahan penyusun beton yang mempunyai berat jenis yang kecil maka beton yang dihasilkan akan mempunyai berat jenis yang kecil pula. Berat jenis genteng kecil terjadi karena genteng itu sendiri terbuat dari tanah liat yang dibakar sampai suhu \pm

600 °C lalu suhu diturunkan secara perlahan-lahan agar genteng matang secara merata, maka kadar air yang ada akan menjadi kering, baik didalam maupun diluar permukaan genteng. Sehingga berat jenis yang dihasilkan akan menjadi kecil. Jika dibandingkan dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh *Fathurahman dan Rukhudin* dengan pecahan genteng sokka sebagai substitusi agregat kasar, maka diperoleh berat jenis dari masing-masing variasi diatas 2,00 gr/cm³. Dalam penelitian ini berat jenis yang dihasilkan dari semua variasi diatas, lebih dari 2,00 gr/cm³ sehingga beton yang dihasilkan dalam penelitian ini yang menggunakan pecahan genteng dari Godean dan penelitian yang pernah dilakukan oleh *Fathurahman dan Rukhudin* dengan menggunakan pecahan genteng dari sokka sama-sama termasuk kedalam beton biasa.

5.3.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan suatu beton dipengaruhi oleh komposisi dan kekuatan dari bahan-bahan penyusunnya.

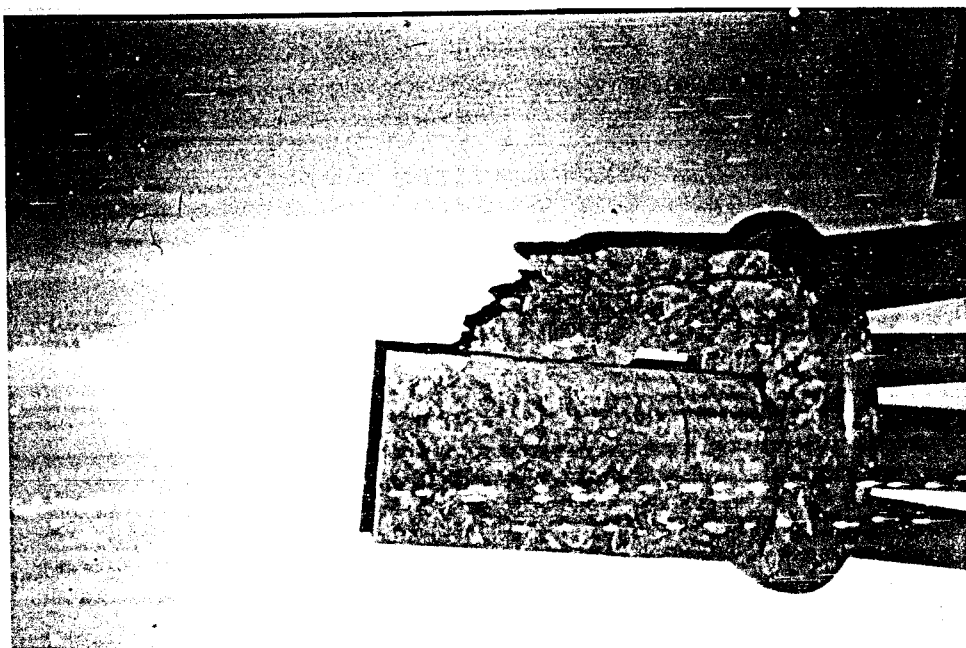
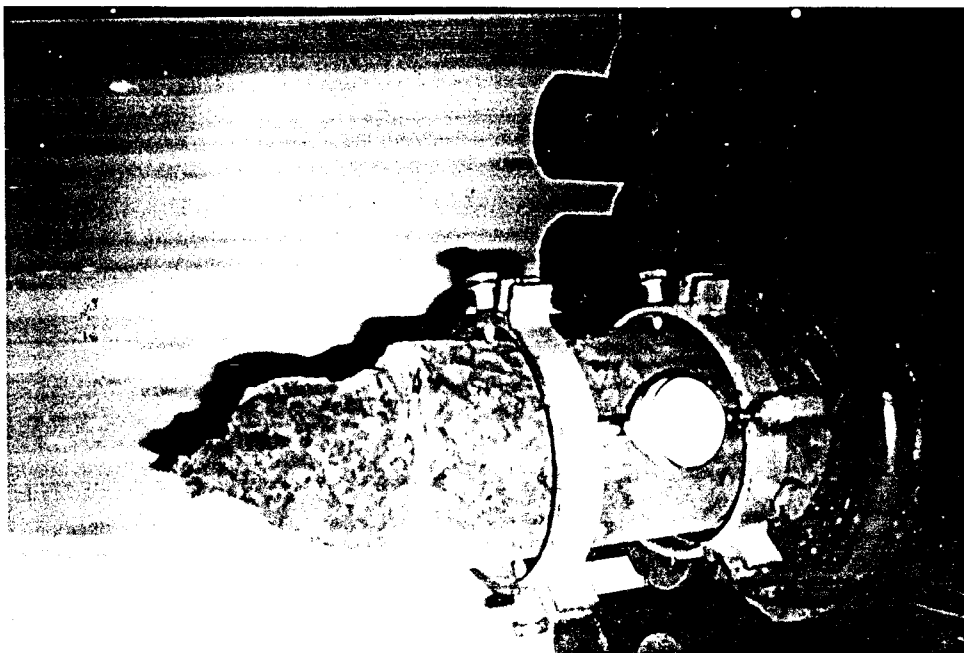
Dalam penelitian ini nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dari variasi-1 (BV1) dengan menggunakan agregat kasar kerikil 100% digunakan sebagai pembanding untuk variasi-variasi berikutnya sebesar 378,568 kg/cm². Kuat tekan beton yang dihasilkan pada variasi-2 (BV2) sebesar 247,820 kg/cm², yaitu dengan penggunaan pecahan genteng dari Godean sebanyak 20% dari kebutuhan agregat kasar, mengalami penurunan nilai kuat tekan bila dibandingkan dengan kuat tekan beton pada variasi-1 (BV1). Begitu juga pada variasi-3 (BV3) sebesar 213,986 kg/cm² yang menggunakan agregat campuran 60% kerikil dan 40% pecahan genteng, juga pada variasi-4 (BV4) sebesar 180,703 kg/cm² yang mengurangi kebutuhan

kerikil sampai 40% dan menggunakan pecahan genteng 60%, serta pada variasi-5 (BV5) sebesar 154,792 kg/cm² yang mengurangi kebutuhan kerikil sampai 20% dan menggunakan pecahan genteng 80%, dan juga pada variasi-6 (BV6) sebesar 141,942 kg/cm² yang menggunakan pecahan genteng dari Godean sebanyak 100% didapatkan nilai kuat tekan mengalami penurunan bila dibandingkan dengan nilai kuat tekan pada variasi sebelumnya. Penurunan nilai kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.2.

Kuat tekan beton yang dihasilkan dari penggunaan campuran kerikil dan pecahan genteng dari Godean sebagai agregat kasarnya dengan menggunakan metode standar ACI mengalami penurunan. Penurunan nilai kuat tekan pada beton tersebut dimungkinkan terjadi karena antara lain disebabkan oleh pada variasi BV2, BV3, BV4, BV5 dan BV6 yang menggunakan agregat kasar berupa campuran kerikil dan pecahan genteng dari Godean yang masing-masing memiliki berat jenis yang berbeda. Karena setiap variasinya terjadi penambahan pecahan genteng sebesar 20% yang diketahui bahwa pecahan genteng tersebut mempunyai berat jenis yang kecil maka berat jenis beton yang dihasilkan akan semakin kecil pula. Sehingga seiring penambahan pecahan genteng pada setiap variasinya menghasilkan nilai kuat tekan beton yang semakin menurun. Selain itu tingkat keausan pecahan genteng dari Godean lebih besar bila dibandingkan dengan batu pecah yaitu sebesar 69,36% yang menjadikan batu pecah memiliki kekuatan yang lebih besar bila dibandingkan dengan pecahan genteng. Diketahui bahwa tingkat keausan suatu agregat yang dipakai dalam campuran adukan beton maksimal sebesar 30%. Pecahan genteng mempunyai tingkat keausan yang tinggi disebabkan karena genteng mempunyai rongga udara yang cukup

tinggi sehingga bila digesek atau ditekan dengan agregat yang lebih keras atau lebih kuat maka genteng akan hancur lebih dahulu, hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.18.

Karena pada umumnya penyusun beton 60% - 80% berupa agregat kasar, sehingga penggunaan material dengan tingkat keausan yang tinggi atau kekuatan yang rendah akan menyebabkan terjadinya kecenderungan semakin menurunnya nilai kuat tekan beton yang dihasilkan. Kuat tekan rata-rata yang dihasil beton umur 28 hari pada variasi-6 (BV6) sebesar $141,942 \text{ kg/cm}^2$ jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan beton pada variasi-1 sebesar $378,567 \text{ kg/cm}^2$. Hal ini dimungkinkan terjadi karena tingkat keausan genteng yang sangat besar, gradasi dari genteng yang tidak terlalu diperhatikan oleh peneliti yang bisa mengakibatkan perbedaan nilai kuat tekan beton pada variasi-1 dan beton pada variasi-6 terlalu besar. Disamping itu kuat tekan beton pada variasi-6 sebesar $141,942 \text{ kg/cm}^2$ lebih kecil bila dibandingkan dengan beton yang menggunakan alwa dengan tingkat keausan 24,7% sebagai agregat kasar dihasilkan kuat tekan sebesar $210,7901 \text{ kg/cm}^2$ (Hidayanto dan Ismayanto, 1997). Dan juga penelitian yang pernah dilakukan oleh Fathurahman dan Rukhudin pada variasi yang menggunakan pecahan genteng sokka 100% dengan tingkat keausan 45,16% dihasilkan kuat tekan sebesar $326,976 \text{ kg/cm}^2$ jauh lebih besar bila dibandingkan dengan penelitian ini yaitu sebesar $141,942 \text{ kg/cm}^2$. Karena terjadi perbedaan yang mencolok pada hasil kuat tekannya, maka penelitian yang menggunakan agregat kasarnya 100% dari limbah pecahan genteng dari Godean dianggap kurang berhasil. Penurunan nilai kuat tekan beton pada penelitian ini untuk setiap umur pada semua variasi dapat dilihat pada Tabel 5.2 sampai dengan Tabel 5.7.



Gambar 5.18 Sampel beton yang telah diuji pada umur 28 hari

5.3.3 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas merupakan tolak ukur sifat elastis suatu bahan yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang.

Kurva regangan-tegangan terbentuk lengkung menandakan nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangannya pada tegangan tinggi, sebagaimana terlihat pada Gambar 5.10 sampai dengan Gambar 5.15. Hal ini berarti beton tidak sepenuhnya bersifat elastis.

Dari Gambar 5.10 sampai dengan Gambar 5.15 dapat dilihat bahwa modulus elastis pada setiap variasinya mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada setiap variasinya terjadi penambahan limbah pecahan genteng sebanyak 20% yang diketahui bahwa genteng mempunyai tingkat keausan yang tinggi bila dibandingkan dengan batu pecah, yang menyebabkan nilai kuat tekan rendah. Seiring dengan menurunnya nilai kuat tekan maka nilai modulus elastis yang dihasilkan akan ikut menurun. Penurunan nilai modulus elastis yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.11.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan mengacu pada hasil penelitian dan pembahasan, berikut ini akan disampaikan kesimpulan dari penelitian ini. Selain itu penulis memberikan saran-saran yang diharapkan dapat berguna bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan tentang karakteristik beton *fly ash* yaitu berat jenis, kuat tekan dan modulus elastisitas sebagai berikut :

1. Beton dengan pemakaian *fly ash* sebanyak 17,5% yang dibuat dengan campuran pecahan genteng dari godean dan batu pecah termasuk kedalam kategori beton biasa. Berat jenis rata-rata adalah $2,408 \text{ gr/cm}^3$ untuk variasi-1 (BV 1) dan variasi-6 (BV 6) sebesar $2,030 \text{ gr/cm}^3$.
2. Beton *fly ash* yang dibuat dengan memasukan pecahan genteng dari Godean untuk menggantikan sebagian pemakaian kerikil, menyebabkan terjadinya penurunan kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan. Pada penelitian ini, kuat tekan paling besar didapatkan pada variasi-1 (BV1), yaitu pada beton *fly ash* tanpa campuran pecahan genteng dari godean sebesar $378,567 \text{ kg/cm}^2$, dan kuat tekan paling kecil didapatkan pada variasi-6 (BV6) yaitu penggunaan 100% pecahan genteng dari Godean sebagai agregat kasarnya sebesar $141,942 \text{ kg/cm}^2$ sehingga penelitian ini

- belum bisa dipakai untuk acuan pembuatan beton yang menggunakan 100% pecahan genteng dalam skala yang besar.
3. modulus elastisitas yang dihasilkan oleh beton *fly ash* dengan variasi campuran batu pecah dan pecahan genteng dari Godean sebesar $1,112 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$ lebih rendah bila dibandingkan dengan beton *fly ash* yang menggunakan agregat normal yaitu sebesar $3,681 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$.

6.2 Saran

Dari beberapa analisis, pembahasan dan kesimpulan sebelumnya, penulis mencoba untuk memberikan beberapa saran sebagai berikut ini.

1. untuk perencanaan adukan beton dengan penambahan *pozzolan* perlu dilakukan komparasi dengan beberapa metode lain sehingga dapat memberikan hasil yang cukup optimal dalam beberapa perencanaan.
2. perlu ada penelitian lain yang seperti penelitian ini, tetapi dengan penambahan pecahan genteng sebanyak 5 sampai 10 % sebagai pengganti batu pecah pada setiap variasi untuk mendapatkan kondisi campuran antara batu pecah dan pecahan genteng yang paling optimum.
3. dengan variasi yang sama perlu diteliti juga mengenai kemampuan beton menahan besar permeabilitas yang dimiliki oleh beton.
4. pada penelitian berikutnya diharapkan tidak hanya memunculkan nilai kuat tekannya saja, tetapi perlu meninjau dari faktor harga dan usaha penyelamatan lingkungan dari pemanfaatan limbah yang digunakan.
5. perlu ada penelitian seperti pada penelitian ini, akan tetapi dengan variasi gradasi pada batu pecah ataupun pecahan genteng.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinata, S, Dewobroto, R, 1999, **Pengaruh Penggunaan Limbah *Fly ash* dan *Rice Husk Ash* Terhadap Kuat Desak Beton**, Makalah Lomba, HMTS LEM FTSP UII, Yogyakarta.
- Anonim, 1982, **Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI – 1982)**, Dinas Pekerjaan Umum.
- Anonim, 1975, **Pedoman Pelaksanaan Bahan Kontruksi Teknik**, Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta.
- Antono, A, 1993, **Bahan Konstruksi Teknik**, Bahan kuliah Jurusa Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta.
- Fathurahman dan Wibowo, R.T, 2000, **Kuat Tekan dan Ketahanan terhadap Cuaca pada Beton dengan Agregat Variasi Campuran Kerikil dan Pecahan Genteng Sokka**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII, Yogyakarta.
- Frick dan Koesmartadi Ch, 1999, **Ilmu Bahan Bangunan**, Kanisius, Yogyakarta
- Hartono, T.B. dan Yuliandry, D, **Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Desak Beton dengan Agregat Kasar Pecahan Genteng dari Godean**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta.
- Hidayanto dan Ismayanto, H, 1997, **Pengaruh Alwa Sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Ringan**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta.
- Kusuma, G.H. dan W.C. Vis, 1995, **Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang**, Seri beton I, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Laksono, T.D dan Lutfi, B.S, 1999, **Pengaruh *Fly Ash* Pada Diagram Tegangan-Regangan Desak Beton Terkekang Dan Implikasinya Terhadap Blok Tegangan Desak**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta.
- Murdock, L.J dan Brook, K.M, 1991, **Bahan Dan Praktek Beton**, Erlangga, Jakarta.
- Nasution, T.R., Patridina, M.A., Hartono, D., Adinata, S., Nugroho, E., 1998, **Laporan Praktikum Bahan Konstruksi Beton**, Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K, 1992, **Teknologi Beton**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

LAMPIRAN

TUGAS AKHIR

NOMOR	NAMA	NO. MHS	NO. SIKIP
1	M. A. ...	97511037	36...
2	Dwi Hartono	97511111	37...

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh pemakaian fly ash terhadap kuat desak dan permeabilitas beton.

PERIODE IV : JUNI - NOPEMBER

TAHUN : 2001 / 2002

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nop.
1.	Pendaftaran	■					
2.	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3.	Pembuatan Proposal		■				
4.	Seminar Proposal		■	■			
5.	Konsultasi Penulisan TA			■	■		
6.	Sidang Sidang					■	
7.	Pendaftaran						■

DOSEN PEMBIMBING
DOSEN PEMBIMBING

H. A. Syamsuddin, MT

H. A. S. M., MT



(Dr. H. A. S. M., MT)

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
1	4-7-02	Buatlah susunan gambar dan gambar tabel lainnya ditambah agar lengkap	[Signature]
2	15-7-02	Judul & kerangka dengan nama Grafik: dari pustaka perlu & cantumkan	[Signature]
3	19/7 '02	Laudasan teori peng hubungan dengan gambar ditambah agar lengkap Kerangka susunan gambar lengkap	[Signature]
4	24/7 '02	Kerangka susunan gambar ditambah agar lengkap	[Signature]
5	27/7 '02	Kerangka susunan gambar ditambah agar lengkap	[Signature]

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	MATERI KONSULTASI	TANDA TANGAN
1	12/7/02	Materi mengenai syarat-syarat dan jenis-jenis tenaga kerja dan cara-cara memperolehnya	[Signature]
2	15/7/02	Judul & kerangka dengan Jerman. Grafik & data pustaka perlu & cantumkan.	[Signature]
3	19/7/02	Landasan teori peng hubungan antara [faded text]	[Signature]
4	21/7/02	[faded text]	[Signature]
5	25/7/02	[faded text]	[Signature]



DATA PEMERIKSAAN
 BERAT VOLUME AGREGAT HALUS " SSD "

Jenis benda uji : Agregat Halus Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Pasir 1. Dwi Hartono 97-111
 Asal : Kaliurang (Boyong) 2. M. Agung P 97-037
 Keperluan : Penelitian
Tugas Akhir Tanggal : 16-12-2022

ALAT - ALAT

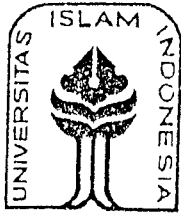
1. Tabung silinder (\varnothing 15 x t 30) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk \varnothing 16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop , lap dll.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	5,414 Kg	5,414 Kg
Berat tabung + Agregat (W_2)	13,715 Kg	13,707 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5298,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5298,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,5666 t/m ³	1,5650 t/m ³
Berat volume rata-rata	1,5658... t/m ³	

Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium **BKT FTSP UIRATG**
Darus **BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**
FAKULTAS TEKNIK UII



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

LAMPIRAN 2

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN
 BERAT VOLUME AGREGAT KASAR " SSD "

Jenis benda uji : Agregat kasar Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Batu pecah 1. Dwi Hartono 97-111
 Asal : Clereng (K. praja) 2. M. Agung P 97-037
 Keperluan : Penelitian
Tugas Akhir Tanggal : 16-12-2002

ALAT - ALAT

1. Tabung silinder (\varnothing 15 x t 30) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk \varnothing 16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop , lap dll.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	7,352 Kg	7,348 Kg
Berat tabung + Agregat (W_2)	15,288 Kg	15,459 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5298,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5298,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,4977 t/m ³	1,5307 t/m ³
Berat volume rata-rata	1,5142..... t/m ³	

Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII

 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII



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

LAMPIRAN 3

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN
 BERAT VOLUME AGREGAT KASAR " SSD "

Jenis benda uji : Agregat Kasar Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Pecahan Genteng 1. Dwi Hartono 97-111
 Asal : Godean Yogya 2. M. Agung P 97-037
 Keperluan : Penelitian
Tugas Akhir Tanggal : 16-12-2002

ALAT - ALAT

1. Tabung silinder (\varnothing 15 x t 30) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk \varnothing 16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop , lap dll.

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat tabung (W_1)	5,1	Kg	5,1	Kg
Berat tabung + Agregat (W_2)	11,5	Kg	.....	Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	0,0053	m ³	0,0053	m ³
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,208	t/m ³	1,245	t/m ³
Berat volume rata-rata	1,227... t/m ³			

Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium BKF FTSP UII

 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII



DATA PEMERIKSAAN
 MODULUS HALUS BUTIR PASIR

Jenis benda uji : Agregat Halus Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Pasir 1. Dwi Hartono 97-111
 Asal : Kaliurang 2. M. Agung P 97-037
 Keperluan : Penelitian
 Tugas Akhir Tanggal : 16-12-2002

No	Saringan Ø lubang mm	Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat kumulatif	
		I	II	I	II	I	II
1	40	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	20	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	10	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	4.75	101.3	20.4	0.688	1.365	0.688	1.365
5	2.36	103.6	123.3	6.927	8.254	7.615	9.619
6	1.18	332	301.3	22.199	20.168	29.814	29.787
7	0.600	453.4	421.0	30.318	28.182	60.132	57.969
8	0.300	318.4	324.5	21.292	21.723	81.424	79.692
9	0.150	206.7	221.3	13.822	14.813	95.246	94.505
10	Pan	71.10	82.1	4.754	5.495	-----	-----
		1495.5	1493.9	Jumlah		274.919	272.937

Jumlah rata - rata 273,928

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{273,928}{100} \times 100\% = 2.74$$

Yogyakarta,

Mengetahui
 LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Laboratorium BKT FTSP UII
 FAKULTAS TEKNIK UII
[Signature]



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

LAMPIRAN 5

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Jenis benda uji : Agregat Halus Di periksa oleh :
Nama benda uji : Pasir 1. Dwi Hartono 97-111
Asal : Kaliurang 2. M. Agung P. 97-037
Keperluan : Penelitian
Tugas Akhir Tanggal : 17-12-2002

ALAT-ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring, Sendok, Lap, dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat (W)	..400..	Gram	..400	Gram
Volume air (V ₁)	..500..	Cc	..500	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	..660..	Cc	..655	Cc
Berat jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,500		2,580	
Berat jenis rata - rata	2,540			

Catatan :

Yogyakarta,

Mengetahui
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
Laboratorium BKT FTSP UII
FAKULTAS TEKNIK UII

Daneel



DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis benda uji : Agregat Kasar Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Batu pecah 1. Dwi Hartono 07-111
 Asal : Cireug 2. M. Agung P 07-037
 Keperluan : Penelitian
Tugas Akhir Tanggal : 17-12-2002

ALAT – ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring , Sendok , Lap, dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat (W)	400	Gram	400	Gram
Volume air (V ₁)	500	Cc	500	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	657	Cc	655	Cc
Berat jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,548		2,580	
Berat jenis rata – rata	2,564			

Catatan :

Yogyakarta,

Mengetahui
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Laboratorium BKT FTSP UII
 FAKULTAS TEKNIK UII
[Signature]



DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis benda uji : Agregat Kasar Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Pecahan Genteng 1. Dwi Hartono 97-111
 Asal : Godean, Yogyakarta 2. M. Agung P. 97-037
 Keperluan : Penelitian
Tugas Akhir Tanggal : 17-12-2002

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring, Sendok, Lap. dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat (W)	<u>200</u>	Gram	<u>200</u>	Gram
Volume air (V ₁)	<u>500</u>	Cc	<u>500</u>	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	<u>599</u>	Cc	<u>602</u>	Cc
Berat jenis (BJ)				
$\frac{W}{V_2 - V_1}$	<u>2,068</u>		<u>1,961</u>	
Berat jenis rata - rata	<u>2,031</u>			

Catatan :

Yogyakarta,

Mengetahui

Laboratorium BRT TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Darius FAKULTAS TEKNIK UII



LAMPIRAN 8

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM.14.4 TELP. 895042 - 895707 FAX. 895330

**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)
AASHTO T 96 - 77**

Contoh dari : Godean, Sleman Yogyakarta. Dikerjakan Oleh : Sukanto HM.
Jenis contoh : Limbah Genteng
Di test tanggal : 16 Desember 2002 Diperiksa : Ir. Iskandar S, MT.
Untuk Proyek : Penelitian Tugas Akhir

No	JENIS GRADASI		B	
	SARINGAN		BENDA UJI	
	LOLOS	TERTAHAN	I	II
1	72.2 mm (3")	63.5 mm (2.5")		
2	63.5 mm (2.5")	50.8 mm (2")		
3	50.8 mm (2")	37.5 mm (1.5")		
4	37.5 mm (1.5")	25.4 mm (1")		
5	25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")		
6	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	2500	gr
7	12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")	2500	gr
8	09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")		
9	06.3 mm (1/4")	04.75 mm (4")		
10	04.75 mm (No.4)	02.36 mm (No.8)		
11	JUMLAH BENDA UJI (A)		5000	gr
12	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12(B)		1532	gr
13	KEAUSAN = (A- B)/A x 100 %		69.36	%

Yogyakarta, 16 Desember 2002
Kepala Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT.



DATA PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

LAMPIRAN 9

I. BENDA UJI

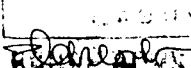
1. Nama benda uji : Variasi 1
2. Jenis beton : Beton Fly Ash + Genteng 0 %
3. Dibuat tanggal : 18 Des 2002
4. Ditest tanggal : 02 Jan 2003
5. Umur : 14 hari

1	Diameter : 15,10 cm	Tinggi : 30,72 cm	Berat : 13,297 kg
2	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,30 cm	Berat : 12,945 kg
3	Diameter : 15,05 cm	Tinggi : 30,40 cm	Berat : 13,110 kg
4	Diameter : 15,10 cm	Tinggi : 30,15 cm	Berat : 12,641 kg
5	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,20 cm	Berat : 12,722 kg

II. DATA PENGUJIAN

Beban KN	Regangan x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
10	12	10	12	20	10
20	20	15	20	35	15
30	25	20	28	45	20
40	29	25	37	55	27
50	35	30	45	65	35
60	42	36	50	80	40
70	47	42	57	95	47
80	55	50	66	105	55
90	61	59	75	125	62
100	65	65	85	140	70
110	71	70	95	155	75
120	80	77	100	156	85
130	85	85	115	156	90
140	95	90	125	156	98
150	100	95	135	250	105
160	10	104	150	280	115
170	15	110	155	310	125
180	25	120	158	335	125
190	30	125	158	340	140
200	35	130	158	340	150
210	40	137	245	380	150
220	50	145	280	420	175
230	55	150	320	500	190
240	65	160	380	550	200
250	75	170	450	620	210
260	85	175	500	670	220
270	95	185	740	730	250
280	100	195	755	-	260
290	110	205	760	-	275
300	110	210	775	-	305
310	112	220	790	-	325
320	115	235	805	-	355
330	125	240	815	-	390
340	130	250	827	-	430
350	140	260	835	-	490

Diperiksa Laboran


FAKULTAS TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UI

Beban KN	Regangan x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
360	145	275	845	-	530
370	155	285	870	-	590
380	165	305	89	-	650
390	175	215	915	-	850
400	182	220	941	-	-
410	197	225	975	-	-
420	205	235	-	-	-
430	220	245	-	-	-
440	230	255	-	-	-
450	240	265	-	-	-
460	245	275	-	-	-
470	255	285	-	-	-
480	255	302	-	-	-
490	260	320	-	-	-
500	260	335	-	-	-
510	315	355	-	-	-
520	340	375	-	-	-
530	355	400	-	-	-
540	365	420	-	-	-
550	385	460	-	-	-
560	405	500	-	-	-
570	420	500	-	-	-
580	440	-	-	-	-
590	440	-	-	-	-
600	440	-	-	-	-
610	530	-	-	-	-
620	545	-	-	-	-
625	605	-	-	-	-

Diperiksa Laboran

[Signature]
FAKULTAS TEKNIK

DATA PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

I. BENDA UJI

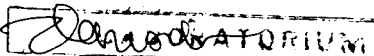
1. Nama benda uji : Variasi 2
2. Jenis beton : Beton Fly Ash + Genteng 20%
3. Dibuat tanggal : 19 Des 2002
4. Ditest tanggal : 02 Jan 2003
5. Umur : 14 Hari

1	Diameter : 15,05 cm	Tinggi : 30,60 cm	Berat : 12,739 kg
2	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,03 cm	Berat : 12,132 kg
3	Diameter : 15,10 cm	Tinggi : 30,30 cm	Berat : 12,464 kg
4	Diameter : 15,10 cm	Tinggi : 29,90 cm	Berat : 12,204 kg
5	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,10 cm	Berat : 12,335 kg

II. DATA PENGUJIAN

Beban KN	Regangan x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
10	15	7	10	5	12
20	20	20	15	10	20
30	30	27	25	20	25
40	40	40	35	27	35
50	50	45	45	35	42
60	55	55	50	43	50
70	60	70	57	50	60
80	72	80	65	60	70
90	80	95	70	72	85
100	90	105	80	85	95
110	98	115	90	90	105
120	107	130	100	200	115
130	115	140	110	210	125
140	125	155	120	225	230
150	140	165	130	230	245
160	155	180	140	240	255
170	165	195	150	250	270
180	180	210	160	265	295
190	190	225	165	270	363
200	200	235	175	280	315
210	215	250	190	295	330
220	220	265	205	390	345
230	250	275	220	400	355
240	270	295	235	410	370
250	280	315	245	420	385
260	300	335	255	430	405
270	320	355	270	450	425
280	320	380	285	470	440
290	355	405	300	490	465
300	360	420	315	490	490
310	430	460	335	510	520
320	460	490	335	525	550
330	530	540	335	525	570
337	-	600	-	-	-
340	640	-	400	575	605
350	750	-	430	600	655
355	-	-	-	600	-

Diperiksa Laboran


LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Beban KN	Regangan $\times 10^{-3}$				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
360	820	-	470	-	660
370	-	-	470	-	-
380	-	-	530	-	-
390	-	-	600	-	-

Diperiksa Laboran

Amal

()

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

DATA PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

I. BENDA UJI

1. Nama benda uji : Variasi 3
2. Jenis beton : Beton Fly Ash + Genteng 40%
3. Dibuat tanggal : 20 Des 2002
4. Ditest tanggal : 03 Jan 2003
5. Umur : 14 hari

1	Diameter : 15,10 cm	Tinggi : 30,07 cm	Berat : 11,944 kg
2	Diameter : 15,10 cm	Tinggi : 30,16 cm	Berat : 11,985 kg
3	Diameter : 15,05 cm	Tinggi : 30,03 cm	Berat : 12,062 kg
4	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,17 cm	Berat : 11,974 kg
5	Diameter : 15,10 cm	Tinggi : 30,03 cm	Berat : 12,225 kg

II. DATA PENGUJIAN

Beban KN	Regangan x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
10	17	14	15	15	8
20	25	20	29	30	16
30	35	25	40	40	25
40	45	35	45	45	32
50	55	40	55	55	40
60	65	47	65	70	50
70	75	55	75	80	59
80	85	60	86	90	70
90	95	65	100	105	77
100	110	70	108	115	85
110	117	80	115	117	92
120	117	90	125	117	100
130	117	98	135	117	111
140	117	110	150	160	125
150	117	120	160	160	220
160	190	120	170	160	220
170	205	120	180	165	240
180	215	120	195	220	250
190	235	160	205	240	255
200	250	160	215	250	265
210	270	160	230	260	280
220	290	210	245	275	295
230	310	220	260	290	305
240	340	240	275	310	315
250	341	255	285	325	330
260	360	275	300	350	340
270	430	290	320	380	355
280	-	310	340	410	370
290	510	320	350	445	385
300	540	365	365	490	400
310	-	405	385	590	420
320	-	450	395	-	445
330	-	500	420	-	470
340	-	520	440	-	495
350	-	680	480	-	540

Diperiksa Laboran

(Signature)

(LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UTI
FAKULTAS TEKNIK UTI

DATA PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

I. BENDA UJI

1. Nama benda uji : Variasi 4
2. Jenis beton : Beton Fly Ash + Genteng 60%
3. Dibuat tanggal : 20 Des 2002
4. Ditest tanggal : 03 Jan 2003
5. Umur : 14 hari

1	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,20 cm	Berat : 11,535 kg
2	Diameter : 15,05 cm	Tinggi : 30,40 cm	Berat : 11,748 kg
3	Diameter : 15,05 cm	Tinggi : 30,00 cm	Berat : 11,625 kg
4	Diameter : 15,05 cm	Tinggi : 30,06 cm	Berat : 11,430 kg
5	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,50 cm	Berat : 11,700 kg

II. DATA PENGUJIAN

Beban KN	Regangan x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
10	20	20	20	20	19
20	30	35	30	25	20
30	40	45	45	40	50
40	50	60	60	55	60
50	65	75	70	70	0
60	80	90	80	80	75
70	90	100	90	95	85
80	105	110	105	110	95
90	120	120	115	120	109
100	130	140	125	135	120
110	140	165	140	148	135
120	150	185	150	148	150
130	165	205	170	148	165
140	185	230	190	205	180
150	200	245	205	215	195
160	215	270	220	220	210
170	235	295	240	250	225
180	240	320	260	270	245
190	255	360	270	295	260
200	265	400	285	310	280
210	285	490	305	335	310
220	305	520	325	350	340
230	325	540	355	390	380
240	350	570	375	425	430
250	380	590	400	460	470
257	-	760	-	-	-
260	410	-	425	500	500
270	440	-	470	535	540
280	470	-	505	545	550
286	-	-	-	-	590
290	510	-	550	655	-
300	570	-	600	-	-
302	-	-	780	-	-
310	620	-	-	-	-
320	760	-	-	-	-

Diperiksa Laboran

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

[Signature]

DATA PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

I. BENDA UJI

1. Nama benda uji : Variasi 5
2. Jenis beton : Beton Fly Ash + Genteng 80%
3. Dibuat tanggal : 21 Des 2002
4. Ditest tanggal : 04 Jan 2003
5. Umur : 14 hari

1	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,10 cm	Berat : 11,145 kg
2	Diameter : 15,10 cm	Tinggi : 30,40 cm	Berat : 11,318 kg
3	Diameter : 15,02 cm	Tinggi : 30,10 cm	Berat : 11,235 kg
4	Diameter : 15,05 cm	Tinggi : 30,03 cm	Berat : 11,234 kg
5	Diameter : 15,07 cm	Tinggi : 30,00 cm	Berat : 11,115 kg

II. DATA PENGUJIAN

Beban KN	Regangan x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
10	20	30	25	27	30
20	45	50	40	43	45
30	65	65	55	60	60
40	80	85	67	75	74
50	95	100	80	93	84
60	108	120	95	110	97
70	130	135	115	126	112
80	140	148	130	150	125
90	160	150	147	167	140
100	160	205	160	190	155
110	160	225	175	205	170
120	220	255	190	225	185
130	236	285	205	245	204
140	260	310	220	265	220
150	280	340	245	280	238
160	303	360	270	300	258
170	330	415	290	325	280
180	348	470	315	355	304
190	348	515	340	375	328
200	420	564	370	395	360
210	460	580	400	415	400
220	505	668	440	445	450
230	550	870	475	475	500
240	615	-	520	505	565
250	675	-	575	560	635
260	740	-	660	630	710
265	-	-	-	800	740
270	830	-	820	-	-

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Diperiksa Laboran
 FAKULTAS TEKNIK

()

DATA PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

I. BENDA UJI

1. Nama benda uji : Variasi 6
2. Jenis beton : Beton Fly Ash + Genteng 100%
3. Dibuat tanggal : 21 Des 2002
4. Ditest tanggal : 06 Jan 2003
5. Umur : 14 hari

1	Diameter : 15,10 cm	Tinggi : 30,60 cm	Berat : 11,295 kg
2	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,50 cm	Berat : 11,115 kg
3	Diameter : 15,05 cm	Tinggi : 30,00 cm	Berat : 10,885 kg
4	Diameter : 15,16 cm	Tinggi : 30,30 cm	Berat : 11,140 kg
5	Diameter : 15,10 cm	Tinggi : 30,03 cm	Berat : 11,105 kg

II. DATA PENGUJIAN

Beban KN	Regangan x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
10	30	30	25	33	35
20	45	50	55	45	45
30	60	70	75	60	70
40	72	95	95	80	90
50	85	120	120	100	107
60	95	140	135	115	125
70	110	165	155	140	146
80	125	190	175	160	165
90	145	225	195	190	190
100	160	255	215	215	215
110	165	260	240	240	245
120	165	320	260	280	270
130	715	360	290	310	300
140	735	450	340	340	325
150	755	520	360	380	360
160	775	570	370	420	360
170	805	625	410	480	435
180	830	680	445	550	490
190	850	750	485	625	520
200	860	820	540	670	565
210	920	1045	595	765	640
212	-	-	670	-	-
215	-	1360	-	-	-
217	-	-	-	1000	-
220	950	-	780	-	710
230	990	-	-	-	870
240	990	-	-	-	-
250	1075	-	-	-	-
260	1155	-	-	-	-
270	1180	-	-	-	-

Diperiksa Laboran
BHARU MUNSIRUNGSI
(Signature)
FAKULTAS TEKNIK

()

DATA PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

I. BENDA UJI

1. Nama benda uji : Variasi 1
2. Jenis beton : Beton Fly Ash + Genteng 0 %
3. Dibuat tanggal : 18 Des 2002
4. Ditest tanggal : 16 Jan 2003
5. Umur : 28 hari

1	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,02 cm	Berat : 12.900 kg
2	Diameter : 15,02 cm	Tinggi : 29,90 cm	Berat : 12,600 kg
3	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,50 cm	Berat : 13,200 kg
4	Diameter : 15,07 cm	Tinggi : 30,20 cm	Berat : 12,800 kg
5	Diameter : 15,02 cm	Tinggi : 30,30 cm	Berat : 12,900 kg

II. DATA PENGUJIAN

Beban KN	R e g a n g a n x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
10	5	0	5	0	10
20	10	3	10	3	15
30	15	10	15	5	25
40	20	15	20	10	30
50	25	21	25	15	32
60	30	27	30	18	36
70	34	34	34	25	40
80	38	39	40	33	45
90	43	45	45	42	52
100	47	50	50	50	57
110	52	56	55	53	61
120	56	62	60	56	66
130	61	70	65	57	72
140	70	100	70	60	80
150	80	110	75	65	85
160	85	120	80	74	88
170	88	125	85	85	95
180	92	125	95	95	100
190	95	125	100	100	106
200	98	128	203	103	111
210	104	132	210	105	118
220	110	150	215	110	125
230	120	178	225	118	130
240	124	178	230	125	135
250	126	178	235	126	140
260	131	190	240	127	145
270	140	200	247	130	155
280	146	210	255	130	160
290	152	218	260	140	170
300	157	230	265	143	175
310	166	245	270	155	182
320	180	252	277	165	195
330	190	255	285	170	200
340	195	258	290	176	205
350	200	270	300	185	215
360	205	280	307	195	217

Diperiksa Laboran
FAKULTAS TEKNIK UII
(Signature)

Beban	Regangan $\times 10^{-3}$				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
370	210	295	315	200	220
380	215	310	325	205	242
390	225	320	335	210	244
400	233	320	345	220	250
410	240	340	352	290	260
420	250	355	365	290	270
430	260	365	372	350	276
440	265	390	385	456	283
450	271	405	395	466	290
460	277	425	405	475	300
470	288	445	410	485	310
480	300	464	420	495	320
490	306	485	430	500	325
500	315	500	445	510	340
510	325	520	460	520	350
515	-	550	-	-	-
520	335	-	470	530	360
530	345	-	490	540	370
540	360	-	500	550	380
550	367	-	510	560	390
560	380	-	520	570	400
570	390	-	545	580	420
580	403	-	560	590	430
590	420	-	585	605	440
600	430	-	600	615	455
610	445	-	625	620	470
620	455	-	640	640	480
630	470	-	665	650	495
640	480	-	690	665	510
650	500	-	720	680	525
660	515	-	770	695	560
670	520	-	-	715	-
675	-	-	830	-	-
680	555	-	-	735	-
690	580	-	-	755	-
700	610	-	-	780	-
710	655	-	-	805	-
715	730	-	-	845	-
720	-	-	-	-	-
725	760	-	-	-	-

LABORATORIUM Diperiksa Laboran
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UIN
 ()

DATA PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

I. BENDA UJI

1. Nama benda uji : Variasi 2
2. Jenis beton : Beton Fly Ash + Genteng 20 %
3. Dibuat tanggal : 19 Des 2002
4. Ditest tanggal : 16 Jan 2003
5. Umur : 28 hari

1	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,60 cm	Berat : 12,500 kg
2	Diameter : 15,08 cm	Tinggi : 30,14 cm	Berat : 12,400 kg
3	Diameter : 15,05 cm	Tinggi : 30,36 cm	Berat : 12,300 kg
4	Diameter : 15,13 cm	Tinggi : 30,32 cm	Berat : 12,400 kg
5	Diameter : 15,05 cm	Tinggi : 30,20 cm	Berat : 12,200 kg

II. DATA PENGUJIAN

Beban KN	Regangan x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
10	10	10	10	15	35
20	25	15	20	25	70
30	35	25	30	35	95
40	45	30	35	40	95
50	55	38	40	50	95
60	65	45	47	55	95
70	65	50	60	63	105
80	75	60	75	70	110
90	80	65	90	80	114
100	90	74	93	85	115
110	105	80	93	95	115
120	107	85	100	105	115
130	115	95	105	113	116
140	130	102	115	120	120
150	140	110	120	130	120
160	150	115	126	140	125
170	155	125	135	150	160
180	165	125	150	160	160
190	175	145	160	165	170
200	180	150	170	175	1765
210	190	160	180	190	190
220	205	165	195	200	200
230	215	175	205	215	215
240	230	190	215	225	230
250	240	200	225	235	240
260	250	210	235	250	250
270	265	218	255	260	265
280	280	230	275	275	300
290	295	240	290	290	320
300	305	250	300	320	355
310	325	260	320	360	390
320	355	280	340	400	485
330	380	305	360	440	500
340	410	335	380	470	520
350	450	355	405	520	555
360	480	360	440	525	555
370	500	380	460	550	580

LABORATORIUM
 BINAAN STRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

Beban	Regangan x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
380	520	390	500	575	650
390	560	410	550	620	745
400	590	430	515	-	850
405	-	-	-	750	-
410	620	450	595	-	910
420	670	470	710	-	-
430	750	485	-	-	-
440	830	500	-	-	-
450	-	520	-	-	-
460	-	550	-	-	-
470	-	590	-	-	-
480	-	630	-	-	-
490	-	790	-	-	-

Diperiksa Laboran

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

DATA PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

I. BENDA UJI

1. Nama benda uji : Variasi 3
2. Jenis beton : Beton Fly Ash + Genteng 40 %
3. Dibuat tanggal : 19 Des 2002
4. Ditest tanggal : 16 Jan 2003
5. Umur : 28 hari

1	Diameter: 15,10 cm	Tinggi: 30,00 cm	Berat: 11,900 kg
2	Diameter: 15,10 cm	Tinggi: 30,20 cm	Berat: 11,900 kg
3	Diameter: 15,00 cm	Tinggi: 30,30 cm	Berat: 11,900 kg
4	Diameter: 15,00 cm	Tinggi: 30,25 cm	Berat: 11,900 kg
5	Diameter: 15,13 cm	Tinggi: 30,00 cm	Berat: 11,850 kg

II. DATA PENGUJIAN

Beban KN	Regangan x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
10	20	30	25	25	25
20	30	60	35	35	40
30	45	80	50	60	55
40	70	95	75	90	70
50	100	110	90	104	80
60	110	112	91	104	90
70	110	112	91	104	100
80	115	112	95	104	110
90	115	112	102	106	120
100	115	112	110	115	135
110	120	130	120	120	145
120	120	160	125	140	155
130	120	170	150	155	165
140	165	175	160	165	175
150	175	185	170	175	185
160	185	195	180	185	200
170	195	205	195	195	215
180	205	215	210	205	230
190	220	220	220	220	245
200	235	235	230	235	260
210	245	245	245	245	275
220	255	270	270	325	295
230	270	275	295	406	310
240	280	290	310	430	325
250	300	300	330	500	340
260	310	315	345	510	360
270	325	325	360	525	380
280	340	340	380	540	425
290	370	355	405	555	670
300	385	390	435	570	730
310	400	415	465	585	-
320	420	440	500	600	-
330	450	450	540	620	-
340	470	470	600	640	-
350	490	490	670	655	-
360	520	520	-	680	-
370	560	-	-	705	-

Diperiksa Laboran

BHABH KONSTRUKSI

FAKULTAS TEKNIK UJI

()

Beban	Regangan x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
380	600	-	-	720	-
390	650	-	-	760	-
400	700	-	-	800	-
410	-	-	-	850	-
420	-	-	-	910	-

Diperiksa Laboran
 LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UTI
Daniel

DATA PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

i. BENDA UJI

1. Nama benda uji : Variasi 4
2. Jenis beton : Beton Fly Ash + Genteng 60 %
3. Dibuat tanggal : 20 Des 2002
4. Ditest tanggal : 17 Jan 2003
5. Umur : 28 hari

1	Diameter : 15,05 cm	Tinggi : 30,30 cm	Berat : 11,700 kg
2	Diameter : 15,05 cm	Tinggi : 30,16 cm	Berat : 11,600 kg
3	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,18 cm	Berat : 11,550 kg
4	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,50 cm	Berat : 11,800 kg
5	Diameter : 15,00 cm	Tinggi : 30,10 cm	Berat : 11,400 kg

II. DATA PENGUJIAN

Beban KN	Regangan x 10 ⁻³				
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5
10	20	30	25	30	20
20	35	40	55	40	35
30	50	55	80	50	45
40	70	65	82	65	60
50	100	73	95	76	80
60	120	85	110	88	105
70	135	95	120	100	115
80	160	110	135	115	120
90	170	125	150	130	135
100	190	135	151	146	150
110	205	145	155	160	160
120	225	160	165	175	175
130	240	180	185	195	195
140	260	195	195	215	210
150	280	210	205	230	225
160	300	225	215	250	240
170	325	240	230	270	260
180	350	255	240	295	290
190	375	270	260	315	320
200	400	295	280	395	340
210	420	315	300	460	360
220	470	335	315	495	390
230	500	365	330	520	425
240	535	400	350	530	460
250	580	420	370	550	490
260	630	450	400	575	525
270	700	475	420	625	580
280	-	500	455	680	630
290	-	540	485	740	710
300	710	580	630	820	860
310	-	620	600	920	-
320	-	665	-	-	-
325	-	-	800	-	-
330	-	755	-	-	-
335	-	790	-	-	-

Diperiksa Laboran

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII

Tabel Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 0 % (V1) Umur 14 Hari

Beban (KN)	Pembacaan Dial x 10 ⁻³ (mm)					Tegangan (kg/cm ²)	Regangan x 10 ⁻⁵					Koreksi Silinder 1
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5	
	0	10	20	30	40		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	12	10	12	20	10	5.732	3.906	3.300	3.947	6.633	3.311	2.413
20	20	15	20	35	15	11.464	6.510	4.950	6.579	11.609	4.967	5.017
30	25	20	28	45	20	17.196	8.138	6.601	9.211	14.925	6.623	6.645
40	29	25	37	55	27	22.928	9.440	8.251	12.171	18.242	8.940	7.947
50	35	30	45	65	35	28.660	11.393	9.901	14.803	21.559	11.589	9.900
60	42	36	50	80	40	34.392	13.672	11.881	16.447	26.534	13.245	12.179
70	47	42	57	95	47	40.124	15.299	13.861	18.750	31.509	15.563	13.806
80	55	50	66	105	55	45.856	17.904	16.502	21.711	34.826	18.212	16.411
90	61	59	75	125	62	51.588	19.857	19.472	24.671	41.459	20.530	18.364
100	65	65	85	140	70	57.320	21.159	21.452	27.961	46.434	23.179	19.666
110	71	70	95	155	75	63.052	23.112	23.102	31.250	51.410	24.834	21.619
120	80	77	100	156	85	68.784	26.042	25.413	32.895	51.741	28.146	24.549
130	85	85	115	156	90	74.516	27.669	28.053	37.829	51.741	29.801	26.176
140	95	90	125	156	98	80.248	30.924	29.703	41.118	51.741	32.450	29.431
150	100	95	135	250	105	85.980	32.552	31.353	44.408	82.919	34.768	31.059
160	110	104	150	280	115	91.712	35.807	34.323	49.342	92.869	38.079	34.314
170	115	110	155	310	125	97.444	37.435	36.304	50.987	102.819	41.391	35.942
180	125	120	158	335	125	103.176	40.690	39.604	51.974	111.111	41.391	39.197
190	130	125	158	340	140	108.908	42.318	41.254	51.974	112.769	46.358	40.825
200	135	130	158	340	150	114.640	43.945	42.904	51.974	112.769	49.669	42.452
210	140	137	245	380	150	120.373	45.573	45.215	80.592	126.036	49.669	44.080
220	150	145	280	420	175	126.105	48.828	47.855	92.105	139.303	57.947	47.335
230	155	150	320	500	190	131.837	50.456	49.505	105.263	165.837	62.914	48.963
240	165	160	380	550	200	137.569	53.711	52.805	125.000	182.421	66.225	52.218
250	175	170	450	620	210	143.301	56.966	56.106	148.026	205.638	69.536	55.473
260	185	175	500	670	220	149.033	60.221	57.756	164.474	222.222	72.848	58.728
270	195	185	740	730	250	154.765	63.477	61.056	243.421	242.123	82.781	61.984
280	200	195	755	-	260	160.497	65.104	64.356	248.355	-	86.093	63.611
290	210	205	760	-	275	166.229	68.359	67.657	250.000	-	91.060	66.866
290	210	205	760	-	275	166.229	68.359	67.657	250.000	-	91.060	66.866
300	210	210	775	-	305	171.961	68.359	69.307	254.934	-	100.993	66.866

310	212	220	790	-	325	177,693	69,010	72,607	259,868	-	107,616	67,517
320	215	235	805	-	355	183,425	69,987	77,558	264,803	-	117,550	68,494
330	225	240	815	-	390	189,157	73,242	79,208	268,092	-	129,139	71,749
340	230	250	827	-	430	194,889	74,870	82,508	272,039	-	142,384	73,377
350	240	260	835	-	490	200,621	78,125	85,809	274,671	-	162,252	76,632
360	245	275	845	-	530	206,353	79,753	90,759	277,961	-	175,497	78,260
370	255	285	870	-	590	212,085	83,008	94,059	286,184	-	195,364	81,515
380	265	305	890	-	650	217,817	86,263	100,660	292,763	-	215,232	84,770
390	275	315	915	-	850	223,549	89,518	103,960	300,987	-	281,457	88,025
400	282	320	941	-	-	229,281	91,797	105,611	309,539	-	-	90,304
410	297	325	975	-	-	235,013	96,680	107,261	320,724	-	-	95,187
420	305	335	-	-	-	240,745	99,284	110,561	-	-	-	97,791
430	320	345	-	-	-	246,477	104,167	113,861	-	-	-	102,674
440	330	355	-	-	-	252,209	107,422	117,162	-	-	-	105,929
450	340	365	-	-	-	257,941	110,677	120,462	-	-	-	109,184
460	345	375	-	-	-	263,673	112,305	123,762	-	-	-	110,812
470	355	385	-	-	-	269,405	115,560	127,063	-	-	-	114,067
480	355	402	-	-	-	275,137	115,560	132,673	-	-	-	114,067
490	360	420	-	-	-	280,869	117,188	138,614	-	-	-	115,695
500	360	435	-	-	-	286,601	117,188	143,564	-	-	-	115,695
510	415	455	-	-	-	292,333	135,091	150,165	-	-	-	133,598
520	440	475	-	-	-	298,065	143,229	156,766	-	-	-	141,736
530	455	500	-	-	-	303,797	148,112	165,017	-	-	-	146,619
540	465	520	-	-	-	309,529	151,367	171,617	-	-	-	149,874
550	485	560	-	-	-	315,261	157,878	184,818	-	-	-	156,385
560	505	600	-	-	-	320,993	164,388	198,020	-	-	-	162,895
570	520	700	-	-	-	326,725	169,271	231,023	-	-	-	167,778
580	540	-	-	-	-	332,457	175,781	-	-	-	-	174,288
590	540	-	-	-	-	338,189	175,781	-	-	-	-	174,288
600	540	-	-	-	-	343,921	175,781	-	-	-	-	174,288
610	630	-	-	-	-	349,654	205,078	-	-	-	-	203,585
620	645	-	-	-	-	355,386	209,961	-	-	-	-	208,468
625	705	-	-	-	-	358,252	229,492	-	-	-	-	227,999

280	320	380	285	470	440	160.498	104.575	126.540	01.050	157.101	146.170	00.574
290	355	405	300									

Tabel Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 20 % (V2) Umur 14 Hari

Beban (KN)	Pembacaan Dial $\times 10^{-3}$ (mm)					Tegangan (kg/cm ²)	Regangan $\times 10^{-5}$					Koreksi	
	Regangan $\times 10^{-5}$												
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		
0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	15	7	10	5	12	5.732	4.902	2.331	3.300	1.672	3.987	1.815	1.815
20	20	20	15	10	20	11.464	6.536	6.660	4.950	3.344	6.645	3.465	3.465
30	30	27	25	20	25	17.196	9.804	8.991	8.251	6.689	8.306	6.766	6.766
40	40	40	35	27	35	22.928	13.072	13.320	11.551	9.030	11.628	10.066	10.066
50	50	45	45	35	42	28.660	16.340	14.985	14.851	11.706	13.953	13.366	13.366
60	55	55	50	43	50	34.392	17.974	18.315	16.502	14.381	16.611	15.017	15.017
70	60	70	57	50	60	40.124	19.608	23.310	18.812	16.722	19.934	17.327	17.327
80	72	80	65	60	70	45.856	23.529	26.640	21.452	20.067	23.256	19.967	19.967
90	80	95	70	72	85	51.589	26.144	31.635	23.102	24.080	28.239	21.617	21.617
100	90	105	80	85	95	57.321	29.412	34.965	26.403	28.428	31.561	24.918	24.918
110	98	115	90	90	105	63.053	32.026	38.295	29.703	30.100	34.884	28.218	28.218
120	107	130	100	200	115	68.785	34.967	43.290	33.003	66.890	38.206	31.518	31.518
130	115	140	110	210	125	74.517	37.582	46.620	36.304	70.234	41.528	34.819	34.819
140	125	155	120	225	230	80.249	40.850	51.615	39.604	75.251	76.412	38.119	38.119
150	140	165	130	230	245	85.981	45.752	54.945	42.904	76.923	81.395	41.419	41.419
160	155	180	140	240	255	91.713	50.654	59.940	46.205	80.268	84.718	44.720	44.720
170	165	195	150	250	270	97.445	53.922	64.935	49.505	83.612	89.701	48.020	48.020
180	180	210	160	265	295	103.177	58.824	69.930	52.805	88.629	98.007	51.320	51.320
190	190	225	165	270	300	108.909	62.092	74.925	54.455	90.301	99.668	52.970	52.970
200	200	235	175	280	315	114.641	65.359	78.255	57.756	93.645	104.651	56.271	56.271
210	215	250	190	295	330	120.373	70.261	83.250	62.706	98.662	109.635	61.221	61.221
220	220	265	205	390	345	126.105	71.895	88.245	67.657	130.435	114.618	66.172	66.172
230	250	275	220	400	355	131.837	81.699	91.575	72.607	133.779	117.940	71.122	71.122
240	270	295	235	410	370	137.569	88.235	98.235	77.558	137.124	122.924	76.073	76.073
250	280	315	245	420	385	143.301	91.503	104.895	80.858	140.468	127.907	79.373	79.373
260	300	335	255	430	405	149.033	98.039	111.555	84.158	143.813	134.551	82.673	82.673
270	320	355	270	450	425	154.766	104.575	118.215	89.109	150.502	141.196	87.624	87.624

Tabel Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 40 % (V3) Umur 14 Hari

Beban (KN)	Pembacaan Dial x 10 ⁻³ (mm)					Tegangan (kg/cm ²)	Regangan x 10 ⁻⁵					Koreksi Silinder 2	
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		
	0	0	0	0	0		0	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
10	17	14	15	15	8	5.717	4.642	4.902	4.972	2.614	2.981	2.981	2.981
20	25	20	29	30	16	11.434	6.631	9.477	9.944	5.229	4.970	4.970	4.970
30	35	25	40	40	25	17.151	8.289	13.072	13.258	8.170	6.628	6.628	6.628
40	45	35	45	45	32	22.867	11.605	14.706	14.915	10.458	9.944	9.944	9.944
50	55	40	55	55	40	28.584	13.263	17.974	18.230	13.072	11.602	11.602	11.602
60	65	47	65	70	50	34.301	15.584	21.242	23.202	16.340	13.923	13.923	13.923
70	75	55	75	80	59	40.018	18.236	24.510	26.516	19.281	16.575	16.575	16.575
80	85	60	86	90	70	45.735	19.894	28.105	29.831	22.876	18.233	18.233	18.233
90	95	65	100	105	77	51.452	21.552	32.680	34.803	25.163	19.891	19.891	19.891
100	110	70	108	115	85	57.169	23.210	35.294	38.117	27.778	21.549	21.549	21.549
110	117	80	115	117	92	62.885	26.525	37.582	38.780	30.065	24.864	24.864	24.864
120	117	90	125	117	100	68.602	29.841	40.850	38.780	32.680	28.180	28.180	28.180
130	117	98	135	117	111	74.319	32.493	44.118	38.780	36.275	30.832	30.832	30.832
140	117	110	150	160	125	80.036	36.472	49.020	53.033	40.850	34.811	34.811	34.811
150	117	120	160	160	220	85.753	39.788	52.288	53.033	40.850	38.127	38.127	38.127
160	190	120	170	160	220	91.470	39.788	55.556	53.033	40.850	38.127	38.127	38.127
170	205	120	180	165	240	97.187	39.788	58.824	54.690	40.850	38.127	38.127	38.127
180	215	120	195	220	250	102.903	39.788	63.725	54.690	40.850	38.127	38.127	38.127
190	235	160	205	240	255	108.620	53.050	66.993	79.549	83.333	51.389	51.389	51.389
200	250	160	215	250	265	114.337	53.050	70.261	82.864	86.601	51.389	51.389	51.389
210	270	160	230	260	280	120.054	53.050	75.163	86.178	91.503	51.389	51.389	51.389
220	290	210	245	275	295	125.771	69.629	80.065	91.150	96.405	67.968	67.968	67.968
230	310	220	260	290	305	131.488	72.944	84.967	96.122	99.673	71.283	71.283	71.283
240	340	240	275	310	315	137.205	79.576	89.869	102.751	102.941	77.915	77.915	77.915
250	341	255	285	325	330	142.921	84.549	93.137	107.723	107.843	82.888	82.888	82.888
260	360	275	300	350	340	148.638	91.180	98.039	116.009	111.111	89.519	89.519	89.519
270	430	290	320	380	355	154.355	96.154	104.575	125.953	116.013	94.493	94.493	94.493

280	470	310	340	410	370	160.072	156.302	102.785	111.111	135.897	120.915	101.124
290	510	320	350	445	385	165.789	169.604	106.101	114.379	147.498	125.817	104.440
300	540	365	365	490	400	171.506	179.581	121.021	119.281	162.413	130.719	119.360
310	-	405	385	590	420	177.223		134.284	125.817	195.559	137.255	132.623
320	-	450	395	-	445	182.939		149.204	129.085		145.425	147.543
330	-	500	420	-	470	188.656		165.782	137.255		153.595	164.121
340	-	520	440	-	495	194.373		172.414	143.791		161.765	170.753
350	-	680	480	-	540	200.090		225.464	156.863		176.471	223.803

270	440	-	470	535	640	155.178	145.695		156.667	177.977	209.836	142.384
280	470	-	505	545	650	160.925	155.629		168.333	181.304	213.115	152.318
286	490	-	525	600	690	164.374	162.252		175.000	199.601	226.230	158.941
290	510	-	550	655	-	166.673	168.874		183.333	217.898		165.563
300	570	-	600	-	-	172.420	188.742		200.000			185.431
302	590	-	780	-	-	173.570	195.364		260.000			192.053
310	620	-	-	-	-	178.167	205.298					201.987
320	760	-	-	-	-	183.915	251.656					248.345

Tabel Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 80 % (V5) Umur 14 Hari

Beban (KN)	Pembacaan Dial x 10 ⁻³ (mm)					Tegangan (kg/cm ²)	Regangan x 10 ⁻⁵					Koreksi Silinder 1
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5	
	0	0	0	0	0		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
10	20	30	25	27	30	5.726	9.868	8.306	8.911	10.000	4.975	
20	45	50	40	43	45	11.452	16.447	13.289	14.191	15.000	13.280	
30	65	65	55	60	60	17.178	21.382	18.272	19.802	20.000	19.925	
40	80	85	67	75	74	22.904	27.961	22.259	24.752	24.667	24.908	
50	95	100	80	93	84	28.530	32.895	26.578	30.693	28.000	29.891	
60	108	120	95	110	97	34.356	39.474	31.561	36.304	32.333	34.210	
70	130	135	115	126	112	40.082	44.408	38.206	41.584	37.333	41.519	
80	140	143	130	150	125	45.808	48.684	43.189	49.505	41.667	44.842	
90	160	150	147	167	140	51.534	49.342	48.837	55.116	46.667	51.486	
100	160	205	160	190	155	57.260	67.434	53.156	62.706	51.667	51.486	
110	160	225	175	205	170	52.986	74.013	58.140	67.657	56.667	51.486	
120	220	255	190	225	185	58.712	83.882	63.123	74.257	61.667	71.420	
130	236	285	205	245	204	74.438	93.750	68.106	80.858	68.000	76.735	
140	260	310	220	265	220	80.164	101.974	73.090	87.459	73.333	84.709	
150	280	340	245	280	238	85.890	111.842	81.395	92.409	79.333	91.353	
160	303	360	270	300	258	91.616	118.421	89.701	99.010	86.000	98.994	
170	330	415	290	325	280	97.342	136.513	96.346	107.261	93.333	107.965	
180	348	470	315	355	304	103.068	154.605	104.651	117.162	101.333	113.945	
190	348	515	340	375	328	108.793	169.408	112.957	123.762	109.333	113.945	
200	420	564	370	395	360	114.519	185.526	122.924	130.363	120.000	137.865	
210	460	580	400	415	400	120.245	190.789	132.890	136.964	133.333	151.154	
220	505	668	440	445	450	125.971	219.737	146.179	146.865	150.000	166.104	
230	550	870	475	475	500	131.697	286.184	157.807	156.766	166.667	181.054	
240	615	-	520	505	565	137.423	-	172.757	166.667	188.333	202.649	
250	675	-	575	560	635	143.149	-	191.030	184.818	211.667	222.582	
260	740	-	660	630	710	148.875	-	219.269	207.921	236.667	244.177	
265	780	-	740	800	740	151.738	-	245.847	264.026	246.667	257.466	
270	830	-	820	-	-	154.601	-	272.425	-	-	274.078	

Tabel Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 100 % (V6) Umur 14 Hari

Beban (KN)	Pembacaan Dial x 10 ⁻³ (mm)					Tegangan (kg/cm ²)	Regangan x 10 ⁻⁵					Koreksi Silinder 1
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5	
	0	0	0	0	0		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
10	30	30	25	33	35	5.708	9.804	9.836	8.333	10.891	11.551	4.901
20	45	50	55	45	45	11.415	14.706	16.393	18.333	14.851	14.851	9.803
30	60	70	75	60	70	17.123	19.608	22.951	25.000	19.802	23.102	14.705
40	72	95	95	80	90	22.831	23.529	31.148	31.667	26.403	29.703	18.626
50	85	120	120	100	107	28.539	27.778	39.344	40.000	33.003	35.314	22.875
60	95	140	135	115	125	34.246	31.046	45.902	45.000	37.954	41.254	26.143
70	110	165	155	140	146	39.954	35.948	54.098	51.667	46.205	48.185	31.045
80	125	190	175	160	165	45.662	40.850	62.295	58.333	52.805	54.455	35.947
90	145	225	195	190	190	51.369	47.386	73.770	65.000	62.706	62.706	42.483
100	160	255	215	215	215	57.077	52.288	83.607	71.667	70.957	70.957	47.385
110	165	260	240	240	245	62.785	53.922	85.246	80.000	79.208	80.858	49.019
120	165	320	260	280	270	68.492	53.922	104.918	86.667	92.409	89.109	49.019
130	215	360	290	310	300	74.200	70.261	118.033	96.667	102.310	99.010	65.358
140	235	450	340	340	325	79.908	76.797	147.541	113.333	112.211	107.261	71.894
150	255	520	360	380	360	85.616	83.333	170.492	120.000	125.413	118.812	78.430
160	275	570	370	420	360	91.323	89.869	186.885	123.333	138.614	118.812	84.966
170	305	625	410	480	435	97.031	98.673	204.918	136.667	158.416	143.564	94.770
180	330	680	445	550	490	102.739	107.843	222.951	148.333	181.518	161.716	102.940
190	350	750	485	625	520	108.446	114.379	245.902	161.667	206.271	171.617	109.476
200	360	820	540	670	565	114.154	117.647	268.852	180.000	221.122	186.469	112.744
210	420	945	595	765	640	119.862	137.255	309.836	198.333	252.475	211.221	132.352
212	425	1000	670	800	660	121.003	138.889	327.869	223.333	264.026	217.822	133.986
215	435	1060	740	900	680	122.716	142.157	347.541	246.667	297.030	224.422	137.254
217	445	-	760	1000	690	123.857	145.425	-	253.333	330.033	227.723	140.522
220	450	-	780	-	710	125.570	147.059	-	260.000	-	234.323	142.156
230	490	-	-	-	870	131.277	160.131	-	-	287.129	155.228	-
240	590	-	-	-	-	136.985	192.810	-	-	-	187.907	-
250	675	-	-	-	-	142.693	220.588	-	-	-	215.685	-
260	755	-	-	-	-	148.400	246.732	-	-	-	241.829	-
270	880	-	-	-	-	154.108	287.582	-	-	-	282.679	-

Tabel Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 0 % (V1) Umur 28 Hari

Beban (KN)	Pembacaan Dial x 10 ⁻³ (mm)					Tegangan (kg/cm ²)	Regangan x 10 ⁻⁵					Koreksi Silinder 1	
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		
	0	0	0	0	0		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
10	5	0	5	0	10	5.753	0.000	0.000	1.639	0.000	0.000	3.300	1.663
20	10	3	10	3	15	11.507	3.331	1.003	3.279	0.993	0.993	4.950	3.328
30	15	10	15	5	25	17.260	4.997	3.344	4.918	1.656	1.656	8.251	4.994
40	20	15	20	10	30	23.014	6.662	5.017	6.557	3.311	3.311	9.901	6.659
50	25	21	25	15	32	28.767	8.328	7.023	8.197	4.967	4.967	10.561	8.325
60	30	27	30	18	36	34.521	9.993	9.030	9.836	5.960	5.960	11.881	9.990
70	34	34	34	25	40	40.274	11.326	11.371	11.148	8.278	8.278	13.201	11.323
80	38	39	40	33	45	46.028	12.658	13.043	13.115	10.927	10.927	14.851	12.655
90	43	45	45	42	52	51.781	14.324	15.050	14.754	13.907	13.907	17.162	14.321
100	47	50	50	50	57	57.535	15.656	16.722	16.393	16.556	16.556	18.812	15.653
110	52	56	55	53	61	63.288	17.322	18.729	18.033	17.550	17.550	20.132	17.319
120	56	62	60	56	66	69.042	18.654	20.736	19.672	18.543	18.543	21.782	18.651
130	61	70	65	57	72	74.795	20.320	23.411	21.311	18.874	18.874	23.762	20.317
140	70	100	70	60	80	80.549	23.318	33.445	22.951	19.868	19.868	26.403	23.315
150	80	110	75	65	85	86.302	26.649	36.789	24.590	21.523	21.523	28.053	26.646
160	85	120	80	74	88	92.055	28.314	40.134	26.230	24.503	24.503	29.043	28.311
170	88	125	85	85	95	97.809	29.314	41.806	27.869	28.146	28.146	31.353	29.311
180	92	125	95	95	100	103.562	30.646	41.806	31.148	31.457	31.457	33.003	30.643
190	95	125	100	100	106	109.316	31.646	41.806	32.787	33.113	33.113	34.983	31.643
200	98	128	203	103	111	115.069	32.645	42.809	66.557	34.106	34.106	36.634	32.642
210	104	132	210	105	118	120.823	34.644	44.147	68.852	34.768	34.768	38.944	34.641
220	110	150	215	110	125	126.576	36.642	50.167	70.492	36.424	36.424	41.254	36.639
230	120	178	225	118	130	132.330	39.973	59.532	73.770	39.073	39.073	42.904	39.970
240	124	178	230	125	135	138.083	41.306	59.532	75.410	41.391	41.391	44.554	41.303
250	126	178	235	126	140	143.837	41.972	59.532	77.049	41.722	41.722	46.205	41.969
260	131	190	240	127	145	149.590	43.638	63.545	78.689	42.053	42.053	47.855	43.635
270	140	200	247	130	155	155.344	46.636	66.890	80.984	43.046	43.046	51.155	46.633

280	146	210	255	130	160	161.097	48.634	70.234	83.607	43.046	52.805	48.631
290	152	218	260	140	170	166.851	50.633	72.910	85.246	46.358	56.106	50.630
300	157	230	265	149	175	172.604	52.298	76.923	86.885	49.338	57.756	52.295
310	166	245	270	155	182	178.357	55.296	81.940	88.525	51.325	60.066	55.293
320	180	252	277	165	195	184.111	59.960	84.281	90.820	54.636	64.356	59.957
330	190	255	285	170	200	189.864	63.291	85.284	93.443	56.291	66.007	63.288
340	195	258	290	176	202	195.618	64.957	86.288	95.082	58.278	66.667	64.954
350	200	270	300	185	215	201.371	66.622	90.301	98.361	61.258	70.957	66.619
360	205	280	307	195	217	207.125	68.288	93.645	100.656	64.570	71.617	68.285
370	210	295	315	200	220	212.878	69.953	98.662	103.279	66.225	72.607	69.950
380	215	310	325	205	242	218.632	71.619	103.679	106.557	67.881	79.868	71.616
390	225	320	335	210	244	224.385	74.950	107.023	109.836	69.536	80.528	74.947
400	233	320	345	220	250	230.139	77.615	107.023	113.115	72.848	82.508	77.612
410	240	340	352	290	260	235.892	79.947	113.712	115.410	96.026	85.809	79.944
420	250	355	365	290	270	241.646	83.278	118.729	119.672	96.026	89.109	83.275
430	260	365	372	350	276	247.399	86.609	122.074	121.967	115.894	91.089	86.606
440	265	390	385	456	283	253.153	88.274	130.435	126.230	150.993	93.399	88.271
450	271	405	395	466	290	258.906	90.273	135.452	129.508	154.305	95.710	90.270
460	277	425	405	475	300	264.659	92.272	142.140	132.787	157.285	99.010	92.269
470	288	445	410	485	310	270.413	95.936	148.829	134.426	160.596	102.310	95.933
480	300	464	420	495	320	276.166	99.933	155.184	137.705	163.907	105.611	99.930
490	306	485	430	500	325	281.920	101.932	162.207	140.984	165.563	107.261	101.929
500	315	500	445	510	340	287.673	104.930	167.224	145.902	168.874	112.211	104.927
510	325	520	460	520	350	293.427	108.261	173.913	150.820	172.185	115.512	108.258
515	330	550	465	525	355	296.304	109.927	183.946	152.459	173.841	117.162	109.924
520	335	-	470	530	360	299.180	111.592		154.098	175.497	118.812	111.589
530	345	-	490	540	370	304.934	114.923		160.656	178.808	122.112	114.920
540	360	-	500	550	380	310.687	119.920		163.934	182.119	125.413	119.917
550	367	-	510	560	390	316.441	122.252		167.213	185.430	128.713	122.249
560	380	-	520	570	400	322.194	126.582		170.492	188.742	132.013	126.579
570	390	-	545	580	420	327.948	129.913		178.689	192.053	138.614	129.910

Tabel Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 20 % (V2) Umur 28 Hari

Beban (KN)	Pembacaan Dial x 10 ⁻³ (mm)					Tegangan (kg/cm ²)	Regangan x 10 ⁻⁵					Koreksi Silinder 2
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5	
	0	10	20	30	40		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
10	10	10	10	15	35	5.723	3.268	3.318	3.294	4.947	11.589	3.036
20	25	15	20	25	70	11.446	8.170	4.977	6.588	8.245	23.179	4.695
30	35	25	30	35	95	17.169	11.438	8.295	9.881	11.544	31.457	8.013
40	45	30	35	40	95	22.892	14.706	9.954	11.528	13.193	31.457	9.672
50	55	38	40	50	95	28.615	17.974	12.608	13.175	16.491	31.457	12.326
60	65	45	47	55	95	34.338	21.242	14.930	15.481	18.140	31.457	14.648
70	65	50	60	63	105	40.060	21.242	16.589	19.763	20.778	34.768	16.307
80	75	60	75	70	110	45.783	24.510	19.907	24.704	23.087	36.424	19.625
90	80	65	90	80	114	51.506	26.144	21.566	29.644	26.385	37.748	21.284
100	90	74	93	85	115	57.229	29.412	24.552	30.632	28.034	38.079	24.270
110	105	80	93	95	115	62.952	34.314	26.543	30.632	31.332	38.079	26.261
120	107	85	100	105	115	68.675	34.967	28.202	32.938	34.631	38.079	27.920
130	115	95	105	113	116	74.398	37.582	31.520	34.585	37.269	38.411	31.238
140	130	102	115	120	120	80.121	42.484	33.842	37.879	39.578	39.735	33.560
150	140	110	120	130	120	85.844	45.752	36.496	39.526	42.876	39.735	36.214
160	150	115	126	140	125	91.567	49.020	38.155	41.502	46.174	41.391	37.873
170	155	125	135	150	160	97.290	50.654	41.473	44.466	49.472	52.980	41.191
180	165	125	150	160	160	103.013	53.922	41.473	49.407	52.770	52.980	41.191
190	175	145	160	165	170	108.735	57.190	48.109	52.701	54.420	56.291	47.827
200	180	150	170	175	175	114.458	58.824	49.768	55.995	57.718	57.947	49.486
210	190	160	180	190	190	120.181	62.092	53.086	59.289	62.665	62.914	52.804
220	205	165	195	200	200	125.904	66.993	54.745	64.229	65.963	66.225	54.463
230	215	175	205	215	215	131.627	70.261	58.062	67.523	70.910	71.192	57.780
240	230	190	215	225	230	137.350	75.163	63.039	70.817	74.208	76.159	62.757
250	240	200	225	235	240	143.073	78.431	66.357	74.111	77.507	79.470	66.075
260	250	210	235	250	250	148.796	81.699	69.675	77.404	82.454	82.781	69.393
270	265	218	255	260	265	154.519	86.601	72.329	83.992	85.752	87.748	72.047

580	403	-	560	590	430	333.701	134.244	183.607	195.364	141.914	134.241
590	420	-	585	605	440	339.455	139.907	191.803	200.331	145.215	139.904
600	430	-	600	615	455	345.208	143.238	196.721	203.642	150.165	143.235
610	445	-	625	620	470	350.961	148.235	204.918	205.298	155.116	148.232
620	455	-	640	640	480	356.715	151.566	209.836	211.921	158.416	151.563
630	470	-	665	650	495	362.468	156.562	218.033	215.232	163.366	156.559
640	480	-	690	665	510	368.222	159.893	226.230	220.199	168.317	159.890
650	500	-	720	680	525	373.975	166.556	236.066	225.166	173.267	166.553
660	515	-	770	695	560	379.729	171.552	252.459	230.132	184.818	171.549
670	520	-	800	715	-	385.482	173.218	262.295	236.755		173.215
675	535	-	830	720	-	388.359	178.215	272.131	238.411		178.212
680	555	-	-	735	-	391.236	184.877		243.377		184.874
690	580	-	-	755	-	396.989	193.205		250.000		193.202
700	610	-	-	780	-	402.743	203.198		258.278		203.195
710	655	-	-	805	-	408.496	218.188		266.556		218.185
715	730	-	-	845	-	411.373	243.171		279.801		243.168
725	760	-	-	-	-	417.126	253.165				253.162

280	280	230	275	275	300	160.242	91.503	76.311	90.580	90.699	99.338	76.029
290	295	240	290	290	320	165.965	96.405	79.628	95.520	95.646	105.960	79.346
300	305	250	300	300	355	171.688	99.673	82.946	98.814	105.541	117.550	82.664
310	325	260	320	360	390	177.411	106.209	86.264	105.402	118.734	129.139	85.982
320	355	280	340	400	485	183.133	116.013	92.900	111.989	131.926	160.596	92.618
330	380	305	360	440	500	188.856	124.183	101.194	118.577	145.119	165.563	100.912
340	410	335	380	470	520	194.579	133.987	111.148	125.165	155.013	172.185	110.866
350	450	355	405	520	550	200.302	147.059	117.784	133.399	171.504	182.119	117.502
360	480	360	440	525	555	206.025	156.863	119.443	144.928	173.153	183.775	119.161
370	500	380	460	550	590	211.748	163.399	126.078	151.515	181.398	195.364	125.796
380	520	390	500	575	650	217.471	169.935	129.396	164.690	189.644	215.232	129.114
390	560	410	550	620	745	223.194	183.007	136.032	181.159	204.485	246.689	135.750
400	590	430	615	680	850	228.917	192.810	142.668	202.569	224.274	281.457	142.386
405	610	440	650	750	880	231.778	199.346	145.985	214.097	247.361	291.391	145.703
410	620	450	695	-	910	234.640	202.614	149.303	228.920	-	301.325	149.021
420	670	470	710	-	-	240.363	218.954	155.939	233.860	-	-	155.657
430	750	485	-	-	-	246.086	245.098	160.916	-	-	-	160.634
440	830	500	-	-	-	251.809	271.242	165.893	-	-	-	165.611
450	-	520	-	-	-	257.531	-	172.528	-	-	-	172.246
460	-	550	-	-	-	263.254	-	182.482	-	-	-	182.200
470	-	590	-	-	-	268.977	-	195.753	-	-	-	195.471
480	-	630	-	-	-	274.700	-	209.025	-	-	-	208.743
490	-	790	-	-	-	280.423	-	262.110	-	-	-	261.828

Tabel Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 40 % (V3) Umrur 28 Hari

Beban (KN)	Pembacaan Dial x 10 ⁻³ (mm)					Tegangan (kg/cm ²)					Regangan x 10 ⁻⁵					Koreksi Silinder 4
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5	
	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
10	20	20	25	25	25	5.720	6.667	9.934	8.251	8.264	8.333	3.387				
20	30	60	35	35	40	11.440	10.000	19.868	11.551	11.570	13.333	6.693				
30	45	80	50	60	55	17.160	15.000	26.490	16.502	19.835	18.333	14.958				
40	70	95	75	90	70	22.879	23.333	31.457	24.752	29.752	23.333	24.875				
50	100	110	90	104	80	28.599	33.333	36.424	29.703	34.380	26.667	29.503				
60	110	112	91	104	90	34.319	36.667	37.086	30.033	34.380	30.000	29.503				
70	110	112	91	104	100	40.039	36.667	37.086	30.033	34.380	33.333	29.503				
80	115	112	95	104	110	45.759	38.333	37.086	31.353	34.380	36.667	29.503				
90	115	112	102	106	120	51.479	38.333	37.086	33.663	35.041	40.000	30.164				
100	115	112	110	115	135	57.198	38.333	37.086	36.304	38.017	45.000	33.140				
110	120	130	120	120	145	62.918	40.000	43.046	39.604	39.669	48.333	34.792				
120	120	160	125	140	155	68.638	40.000	52.980	41.254	46.281	51.667	41.404				
130	120	170	150	155	165	74.358	40.000	56.291	49.505	51.240	55.000	46.363				
140	165	175	160	165	175	80.078	55.000	57.947	52.805	54.545	58.333	49.668				
150	175	185	170	175	185	85.798	58.333	61.258	56.106	57.851	61.667	52.974				
160	185	195	180	185	200	91.517	61.667	64.570	59.406	61.157	66.667	56.280				
170	195	205	195	195	215	97.237	65.000	67.881	64.356	64.463	71.667	59.586				
180	205	215	210	205	230	102.957	68.333	71.192	69.307	67.769	76.667	62.892				
190	220	220	220	220	245	108.677	73.333	72.848	72.607	72.727	81.667	67.850				
200	235	235	230	235	260	114.397	78.333	77.815	75.908	77.686	86.667	72.809				
210	245	245	245	245	275	120.117	81.667	81.126	80.858	80.992	91.667	76.115				
220	255	270	270	325	295	125.836	85.000	89.404	89.109	107.438	98.333	102.561				
230	270	275	295	406	310	131.556	90.000	91.060	97.360	134.215	103.333	129.338				
240	280	290	310	430	325	137.276	93.333	96.026	102.310	142.149	108.333	137.272				
250	300	300	330	500	340	142.996	100.000	99.338	108.911	165.289	113.333	160.412				
260	310	315	345	510	360	148.716	103.333	104.305	113.861	168.595	120.000	163.718				
270	325	325	360	525	380	154.436	108.333	107.616	118.812	173.554	126.667	168.677				

280	340	340	340	380	540	425	150.155	113.333	112.583	125.413	178.512	141.667	173.635
290	370	355	405	555	670	670	155.875	123.333	117.550	133.663	183.471	223.333	178.594
300	385	390	435	570	730	730	171.595	128.333	129.139	143.564	188.430	243.333	183.553
310	400	415	465	585	740	740	177.315	133.333	137.417	153.465	193.388	246.667	188.511
320	420	440	500	600	750	750	183.035	140.000	145.695	165.017	198.347	250.000	193.470
330	450	450	540	620	760	760	188.755	150.000	149.007	178.218	204.959	253.333	200.082
340	470	470	600	640	790	790	194.475	156.667	155.629	198.020	211.570	263.333	206.693
350	490	490	670	655	-	-	200.194	163.333	162.252	221.122	216.529		211.652
360	520	520	-	680	-	-	205.914	173.333	172.185		224.793		219.916
370	560	-	-	705	-	-	211.534	186.667			233.058		228.181
380	600	-	-	720	-	-	217.354	200.000			238.017		233.140
390	650	-	-	760	-	-	223.074	216.667			251.240		246.363
400	700	-	-	800	-	-	228.794	233.333			264.463		259.586
410	-	-	-	850	-	-	234.513				280.992		276.115
420	-	-	-	910	-	-	240.233				300.826		295.949

Tabel Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 60 % (V4) Umur 28 Hari

Beban (KN)	Pembacaan Dial x 10 ⁻³ (mm)					Tegangan (kg/cm ²)	Regangan x 10 ⁻⁵					Koreksi Silinder 2
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5	
	0	0	0	0	0		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
10	20	30	25	30	20	5.736	0.000	9.947	8.284	9.836	6.645	1.659
20	35	40	55	40	35	11.472	11.551	13.263	18.224	13.115	11.628	4.975
30	50	55	80	50	45	17.207	16.502	18.236	26.508	16.393	14.950	9.948
40	70	65	82	65	60	22.943	23.102	21.552	27.170	21.311	19.934	13.264
50	100	73	95	76	80	28.679	33.003	24.204	31.478	24.918	26.578	15.916
60	120	85	110	88	105	34.415	39.604	26.183	36.448	28.852	34.884	19.895
70	135	95	120	100	115	40.150	44.554	31.499	39.761	32.787	38.206	23.211
80	160	110	135	115	120	45.886	52.805	36.472	44.732	37.705	39.867	28.184
90	170	125	150	130	135	51.622	56.106	41.446	49.702	42.623	44.850	33.158
100	190	135	151	146	150	57.358	62.706	44.761	50.033	47.869	49.834	36.473
110	205	145	155	160	160	63.093	67.657	48.077	51.359	52.459	53.156	39.789
120	225	160	165	175	175	68.829	74.257	53.050	54.672	57.377	58.140	44.762
130	240	180	185	195	195	74.565	79.208	59.682	61.299	63.934	64.784	51.394
140	260	195	195	215	210	80.301	85.809	64.655	64.612	70.492	69.767	56.367
150	280	210	205	230	225	86.036	92.409	69.629	67.926	75.410	74.751	61.341
160	300	225	215	250	240	91.772	99.010	74.602	71.239	81.967	79.734	66.314
170	325	240	230	270	260	97.508	107.261	79.576	76.209	88.525	86.379	71.288
180	350	255	240	295	290	103.244	115.512	84.549	79.523	96.721	96.346	76.261
190	375	270	260	315	320	108.980	123.762	89.523	86.150	103.279	106.312	81.235
200	400	295	280	395	340	114.715	132.013	97.812	92.777	129.508	112.957	89.524
210	420	315	300	460	360	120.451	138.614	104.443	99.404	150.820	119.601	96.155
220	470	335	315	495	390	126.187	155.116	111.074	104.374	162.295	129.568	102.786
230	500	365	330	520	425	131.923	165.017	121.021	109.344	170.492	141.196	112.733
240	535	400	350	530	460	137.658	176.568	132.626	115.971	173.770	152.824	124.338
250	580	420	370	550	490	143.394	191.419	139.257	122.598	180.328	162.791	130.969
260	630	450	400	575	525	149.130	207.921	149.204	132.538	188.525	174.419	140.916
270	700	475	420	625	580	154.866	231.023	157.493	139.165	204.918	192.691	149.205

280	702.5	500	455	680	630	60.601	231.848	165.782	150.762	222.951	209.302	157.494
290	705	540	485	740	710	66.337	232.673	179.045	160.702	242.623	235.880	170.757
300	710	580	630	820	860	172.073	234.323	192.308	208.748	268.852	285.714	184.020
310	-	620	600	920	-	177.809		205.570	198.807	301.639		197.282
320	-	665	700	-	-	183.544		220.491	231.942			212.203
325	-	700	800	-	-	186.412		232.095	265.076			223.807
330	-	755	-	-	-	189.280		250.332				242.044
335	-	790	-	-	-	192.148		261.936				253.648

Tabel Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Gantung 80 % (V5) Umur 28 Hari

Beban (KN)	Pembacaan Dial x 10 ⁻³ (mm)					Tegangan (kg/cm ²)	Regangan x 10 ⁻⁵					Koreksi Silinder 5
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5	
	0	0	0	0	0		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
10	30	30	30	40	40	5.770	9.934	9.967	10.000	13.333	13.245	6.624
20	50	50	40	80	60	11.540	16.556	16.611	13.333	26.667	19.868	13.247
30	65	65	50	85	75	17.311	21.523	21.595	16.667	28.333	24.834	18.213
40	80	80	65	95	88	23.081	26.490	26.578	21.667	31.667	29.139	22.518
50	95	95	80	110	100	28.851	31.457	31.561	26.667	36.667	33.113	26.492
60	110	120	85	120	110	34.621	36.424	39.867	28.333	40.000	36.424	29.803
70	125	140	105	126	125	40.391	41.391	46.512	35.000	42.000	41.391	34.770
80	140	160	120	135	140	46.162	46.358	53.156	40.000	45.000	46.358	39.737
90	145	180	140	150	160	51.932	48.013	59.801	46.667	50.000	52.980	46.359
100	170	200	160	170	165	57.702	56.291	66.445	53.333	56.667	54.636	48.015
110	185	220	180	185	167	63.472	61.258	73.090	60.000	61.667	55.298	48.677
120	210	240	195	200	172	69.242	69.536	79.734	65.000	66.667	56.954	50.333
130	220	260	210	215	182	75.013	72.848	86.379	70.000	71.667	60.265	53.644
140	260	300	230	235	195	80.783	86.093	99.668	76.667	78.333	64.570	57.949
150	270	325	255	250	210	86.553	89.404	107.973	85.000	83.333	69.536	62.915
160	290	340	275	270	225	92.323	96.026	112.957	91.667	90.000	74.503	67.882
170	310	360	300	290	245	98.093	102.649	119.601	100.000	96.667	81.126	74.505
180	340	395	320	310	260	103.864	112.583	131.229	106.667	103.333	86.093	79.472
190	365	430	360	340	280	109.634	120.861	142.857	120.000	113.333	92.715	86.094
200	390	470	400	380	300	115.404	129.139	156.146	133.333	126.667	99.338	92.717
210	425	510	440	420	325	121.174	140.728	169.435	146.667	140.000	107.616	100.995
220	460	660	490	455	350	126.944	152.318	219.269	163.333	151.667	115.894	109.273
230	510	740	540	500	370	132.715	168.874	245.847	180.000	166.667	122.517	115.896
240	550	800	600	530	400	138.485	182.119	265.781	200.000	176.667	132.450	125.829
250	615	890	680	560	420	144.255	203.642	295.681	226.667	186.667	139.073	132.452
255	680	920	720	580	435	147.140	225.166	305.648	240.000	193.333	144.040	137.419
260	740	-	760	600	450	150.025	245.033	-	253.333	200.000	149.007	142.386

270	-	-	790	680	500	155.795			263.333	226.667	165.563	158.942
272	-	-	830	730	515	156.949			276.667	243.333	170.530	163.909
275	-	-	-	780	530	158.681				260.000	175.497	168.876
280	-	-	-	-	540	161.566					178.808	172.187

Tabel Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 100 % (V6) Umur 28 Hari

Beban (KN)	Pembacaan Dial x 10 ⁻³ (mm)					Tegangan (kg/cm ²)	Regangan x 10 ⁻⁵					Koreksi Silinder 5
	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5		Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4	Silinder 5	
	0	0	0	0	0		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
10	35	40	45	50	45	5.752	11.667	13.029	14.754	16.464	14.827	3.294
20	50	60	75	68	65	11.504	16.667	19.544	24.590	22.391	21.417	9.884
30	70	80	100	80	80	17.256	23.333	26.059	32.787	26.342	26.359	14.826
40	90	100	155	100	95	23.008	30.000	32.573	50.820	32.927	31.301	19.768
50	115	120	210	125	140	28.760	38.333	39.088	68.852	41.159	46.129	34.596
60	125	140	220	140	200	34.511	41.667	45.603	72.131	46.098	65.898	54.365
70	145	160	300	160	220	40.263	48.333	52.117	98.361	52.684	72.488	60.955
80	165	180	310	165	225	46.015	55.000	58.632	101.639	54.330	74.135	62.602
90	195	200	320	180	225	51.767	65.000	65.147	104.918	59.269	74.135	62.602
100	220	220	355	200	325	57.519	73.333	71.661	116.393	65.854	107.084	95.551
110	235	240	380	230	330	63.271	78.333	78.176	124.590	75.733	108.731	97.198
120	255	280	400	260	375	69.023	85.000	91.205	131.148	85.611	123.558	112.025
130	285	310	420	270	400	74.775	95.000	100.977	137.705	88.904	131.796	120.263
140	315	325	460	290	410	80.527	105.000	105.863	150.820	95.489	135.091	123.558
150	325	355	480	305	410	86.279	108.333	115.635	157.377	100.428	135.091	123.558
160	360	365	510	340	420	92.031	120.000	118.893	167.213	111.953	138.386	126.853
170	390	420	555	370	460	97.782	130.000	136.808	181.967	121.831	151.565	140.032
180	420	470	590	405	490	103.534	140.000	153.094	193.443	133.355	161.450	149.917
190	480	540	625	450	515	109.286	160.000	175.896	204.918	148.173	169.687	158.154
200	520	585	665	520	560	115.038	173.333	190.554	218.033	171.222	184.514	172.981
210	560	610	740	630	580	120.790	186.667	198.697	242.623	207.442	191.104	179.571
220	620	650	810	730	740	126.542	206.667	211.726	265.574	240.369	243.822	232.289
230	685	650	880	870	840	132.294	228.333	211.726	288.525	286.467	276.771	265.238
236	720	700	880	970	890	135.745	240.000	228.013	288.525	319.394	293.245	281.712
240	760	760	880	-	940	138.046	253.333	247.557	288.525	-	309.720	298.187
245	800	765	880	-	960	140.922	266.667	249.186	288.525	-	316.310	304.777
247	840	767	-	-	980	142.072	280.000	249.837	-	-	322.900	311.367
250	-	770	-	-	1020	143.798	-	250.814	-	-	336.079	324.546
255	-	-	-	-	1060	146.674	-	-	-	-	349.259	337.726

Foto – Foto Penelitian



Foto 1. Mengayak pasir yang dilakukan secara manual

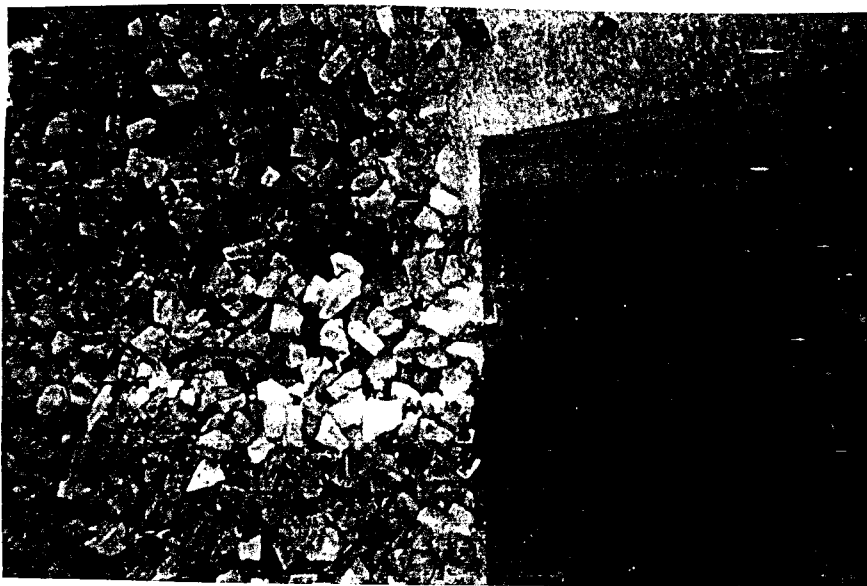


Foto 2. Contoh limbah pecahan genteng dan *fly ash*



Foto 3. Pencampuran adukan beton dengan molen listrik

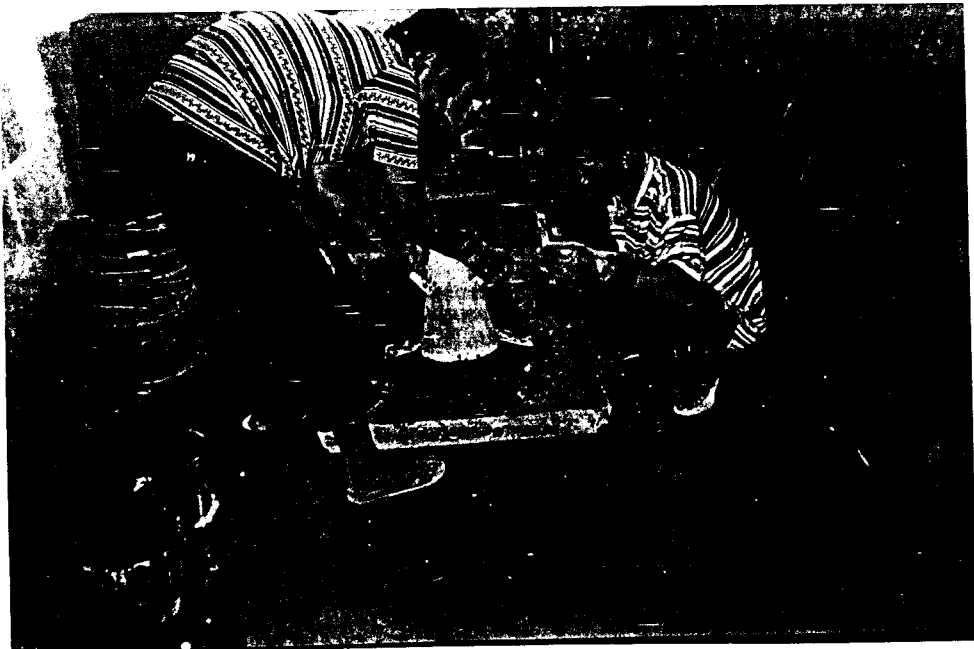


Foto 4. Pengujian nilai slump pada adukan beton



Foto 5. Pembuatan benda uji



Foto 6. Perawatan benda uji yang direndam dalam bak air

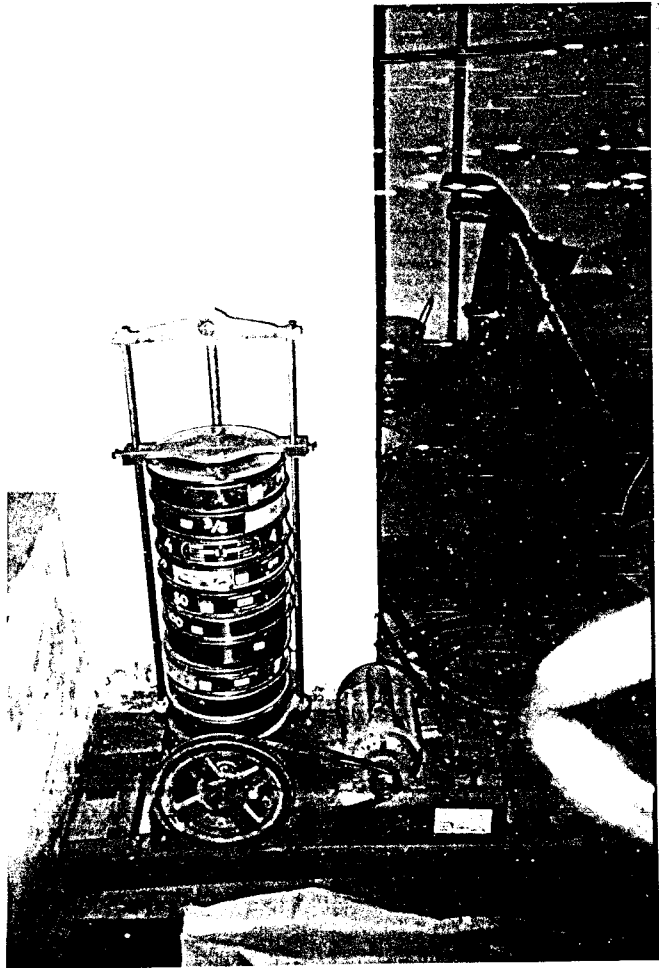


Foto 7. Pengayak mekanik

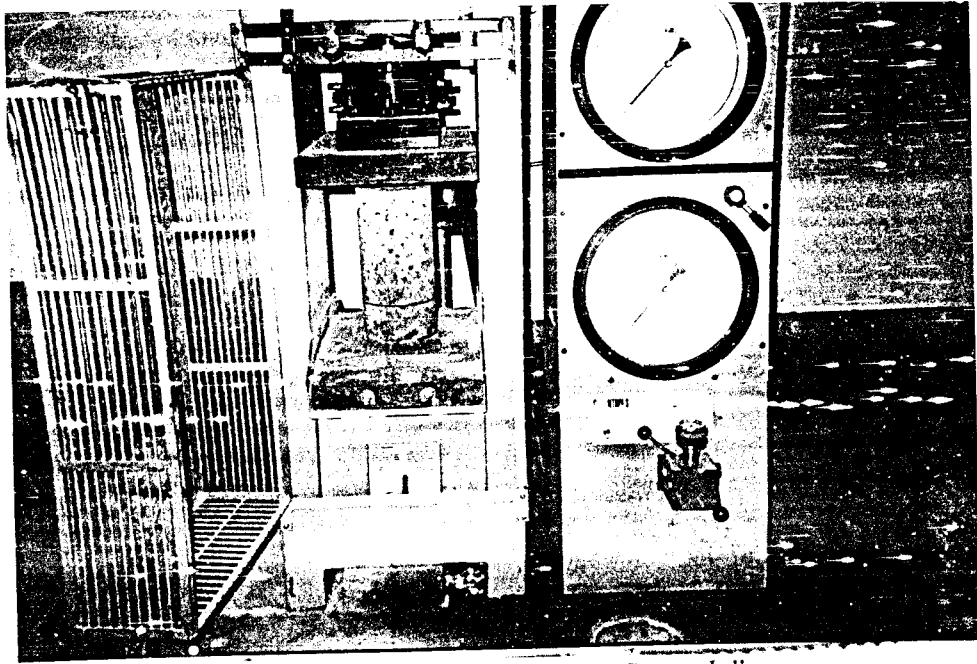


Foto 8. Mesin uji kuat desak "Controls"

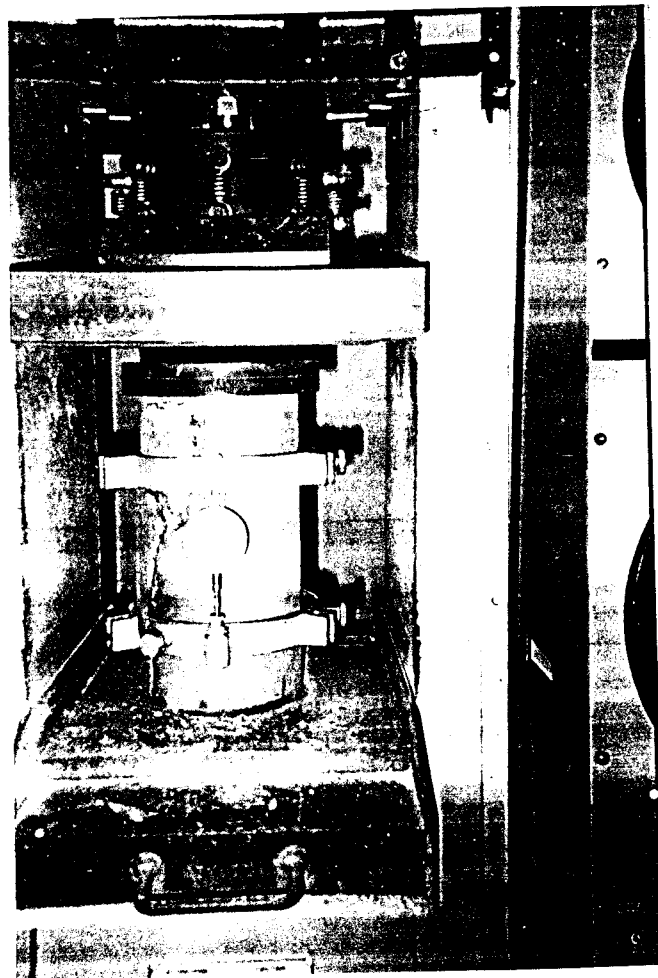


Foto 9. Contoh benda uji yang di uji dengan mesin kuat desak "Controls"