

TUGAS AKHIR

**KUAT TEKAN DAN KETAHANAN TERHADAP
CUACA PADA BETON DENGAN AGREGAT
VARIASI CAMPURAN KERIKIL DAN PECAHAN
GENTENG SOKA**



Disusun oleh:

FATKHU RAHMAN
No. Mhs.: 93 310 175

RUKHUDIN TEGUH WIBOWO
No. Mhs.: 93 310 251

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**KUAT TEKAN DAN KETAHANAN TERHADAP
CUACA PADA BETON DENGAN AGREGAT
VARIASI CAMPURAN KERIKIL DAN PECAHAN
GENTENG SOKA**


Disusun oleh:

FATKHU RAHMAN
No. Mhs.: 93 310 175

RUKHUDIN TEGUH WIBOWO
No. Mhs.: 93 310 251

Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D
Dosen Pembimbing I

Ir. H. Kasam, MT
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 11/05/2000


Tanggal : 11-05-2000

MOTTO

Dialah yang membentangkan bumi dan menciptakan gunung-gunung dan sungai disana, Sungguh, dalam semua itu terdapat ayat-ayat bagi kaum yang mau berfikir.

(Q.S. Ar Ra'd : 3)

"... .. Allah meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat... .."

(Q.S. Al Mujaadilah : 11)

- Kupersembahkan kepada:**
- *Ibunda dan ayahanda tercinta*
 - *Kakak-kakakku tersayang*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas berkat dan rahmat serta hidayah-Nya, alhamdulillah tugas akhir dalam bentuk penelitian ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini merupakan salah satu prasyarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa dalam memperoleh derajat kesarjanaan di bidang Ilmu Teknik Sipil program strata-1 (S-1) pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penelitian yang kami sajikan dalam tugas akhir ini, penyusun banyak mendapat bantuan, bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, pada kesempatan ini perkenankanlah penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

1. Ayah dan Ibu beserta keluarga yang telah banyak memberikan bantuan baik moril maupun materiil.
2. Bapak Ir. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Tadjudin BM Aris, Ms, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSCE, PhD, selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan kesempatan dan pikiran kepada kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku dosen pembimbing ke-dua yang telah memberikan pengarahan, pemikiran dan kesempatan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
6. Bapak Kepala Dinas Perindustrian Kabupaten Kebumen beserta stafnya, yang telah memberikan informasi mengenai material yang kami gunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini.
7. Bapak Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia beserta stafnya, yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian.
8. Bapak Kepala Laboratorium Jalan Raya, Universitas Islam Indonesia, yang telah membantu dalam hal pengujian material penelitian.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik materiil maupun spirituil dalam penelitian Tugas Akhir ini.

Selanjutnya penyusun menyadari bahwa penelitian yang kami sajikan dalam Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari yang sempurna, karenanya penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak untuk menuju kesempurnaan.

Akhirnya, besar harapan penyusun semoga penelitian Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat bagi diri penyusun sendiri dan dunia perteknik sipil khususnya dan bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Wabilahit taufik walhidayah,

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, April 2000

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
MOTTO.....	iii
PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAK.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Hipotesis.....	4
1.7 Sistematika/Organisasi Penelitian.....	5

BAB II	TINJAUAN PUSTAKA.....	6
	2.1 Pengertian Beton.....	6
	2.2 Bahan Penyusun Beton.....	7
	2.2.1 Semen.....	7
	2.2.2 Air.....	9
	2.2.3 Agregat.....	10
	2.3 Beton Dari Pecahan Genteng.....	15
BAB III	LANDASAN TEORI.....	18
	3.1 Berat Jenis.....	18
	3.2 Kuat Tekan Beton.....	19
	3.2.1 Jenis Semen dan Kualitasnya.....	22
	3.2.2 Jenis dan Bentuk Permukaan Agregat.....	23
	3.2.3 Umur Beton.....	26
	3.2.4 Mutu Agregat.....	26
	3.3 Modulus Elastis.....	29
	3.4 Keawetan Beton.....	31
	3.4.1 Ketahanan Terhadap Cuaca.....	33
BAB IV	METODOLOGI PENELITIAN DAN PELAKSANAAN	
	PENGUJIAN.....	34
	4.1 Pengumpulan Data.....	34
	4.2 Analisis Data.....	35

4.3	Persiapan Bahan dan Alat.....	35
4.3.1	Pemeriksaan Bahan.....	35
4.3.2	Peralatan.....	36
4.4	Benda Uji.....	36
4.5	Metode Perencanaan Adukan Beton.....	37
4.6	Pembuatan Benda Uji.....	39
4.7	Perawatan Benda uji.....	40
4.8	Jumlah Benda Uji.....	40
4.9	Pelaksanaan Penelitian.....	41
4.9.1	Persiapan dan Pemeriksaan Bahan.....	41
4.9.2	Persiapan Alat.....	44
4.9.3	Penentuan Proporsi Campuran dan Pembuatan Benda Uji...	45
4.9.4	Proses Pengujian Benda Uji.....	49
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	51
5.1	Hasil Penelitian.....	51
5.2	Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan.....	57
5.3	Hasil Pengujian.....	59
5.3.1	Berat jenis Beton.....	59
5.3.2	Kuat Tekan Beton.....	60
5.3.3	Modulus Elastisitas Beton.....	61
5.3.4	Ketahanan Terhadap Cuaca Pada Beton.....	70

5.4 Pembahasan.....	71
5.4.1 Pengendalian Mutu Pekerjaan.....	71
5.4.2 Berat jenis Beton.....	72
5.4.3 Kuat Tekan Beton.....	73
5.4.4 Modulus Elastisitas Beton.....	75
5.4.5 Pelaksanaan Pekerjaan.....	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	78
6.1 Kesimpulan.....	78
6.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA.....	81
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batas-Batas Susunan Besar Butir Agregat Halus.....	13
Tabel 2.2	Kuat Tekan Beton dari Pecahan Genteng Sokka dan Kebutuhan Semen per Kubik Beton (Prawignyo, 1992).....	16
Tabel 3.1	Persyaratan Gradasi Agregat Berbobot Ringan Untuk Beton Struktural Menurut ASTM C-330.....	28
Tabel 4.1	Variasi Campuran Kerikil dan Pecahan gentang “Soka”.....	37
Tabel 4.2	Daftar Kebutuhan Bahan Campuran Beton pada Beberapa FAS.....	40
Tabel 4.3	Jumlah Benda Uji.....	44
Tabel 4.4	Hasil Analisa Butiran Halus.....	45
Tabel 4.5	Perbandingan Berat Bahan Penyusun Beton.....	48
Tabel 4.6	Perbandingan Volume Bahan Penyusun Beton.....	49
Tabel 4.7	Volume Bahan Penyusun Beton yang Dibutuhkan.....	49
Tabel 4.8	Bahan penyusun Beton yang Dibutuhkan dalam Satuan Berat.....	49
Tabel 4.9	Penambahan Bahan Penyusun Beton dalam Satuan Berat.....	51
Tabel 4.10	Daftar Kebutuhan Total Bahan Penyusun Beton yang digunakan...	51
Tabel 4.11	Daftar Perbandingan Bahan Penyusun Beton yang Digunakan.....	51
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 hari.....	55
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 hari.....	56
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 hari.....	57

Tabel 5.4	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 hari.....	58
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Ketahanan Terhadap Cuaca.....	59
Tabel 5.6	Perhitungan Kekuatan Tekan Beton pada variasi-1.....	61
Tabel 6.7	Nilai Deviasi Standar.....	62
Tabel 5.8	Berat Jenis Beton Rata-Rata.....	63
Tabel 5.9	Kuat Tekan Beton Rata-rata.....	64
Tabel 5.10	Tegangan dan Regangan Beton pada Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 hari dengan 5 (lima) Variasi.....	65
Tabel 5.11	Modulus Elastis Beton Umur 28 hari.....	72
Tabel 5.12	Prosentase Rata-rata Hasil Uji Ketahanan Terhadap Cuaca pada Beton.....	73
Tabel 5.13	Modulus Elastis pada Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 hari...	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Hubungan f_c dan Kuat Tekan Silinder Beton.....	21
Gambar 3.2	Kuat Tekan Beton Untuk Berbagai Jenis Semen (Tjokrodimulyo, 1995).....	23
Gambar 3.3	Pengaruh Jenis Agregat Pada Kuat Tekan Beton (Tjokrodimulyo, 1995).....	26
Gambar 3.4	Grafik Batas-batas Gradasi Agregat Kasar Menurut ASTM Standar C33-71a.....	29
Gambar 3.5	Hubungan Non-Linier Antara Tegangan – Regangan.....	31
Gambar 3.6	Hubungan Linier Antara Tegangan dan Regangan pada Nilai Tegangan Rendah.....	31
Gambar 4.1	Hubungan f_c dan Kuat Tekan Silinder Beton.....	41
Gambar 5.1	Grafik Berat Jenis Rata-rata.....	63
Gambar 5.2	Grafik Kuat Tekan Rata-rata.....	64
Gambar 5.3	Grafik Regangan-Tegangan Variasi-1 (V0).....	66
Gambar 5.4	Grafik Regangan-Tegangan Variasi-2 (V1).....	67
Gambar 5.5	Grafik Regangan-Tegangan Variasi-3 (V2).....	68
Gambar 5.6	Grafik Regangan-Tegangan Variasi-4 (V3).....	69
Gambar 5.7	Grafik Regangan-Tegangan Variasi-5 (V4).....	70

Gambar 5.8	Grafik Modulus Elastisitas Beton Umur 28 hari.....	73
Gambar 5.9	Grafik Hasil Ketahanan Cuaca.....	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi Test).....	L-1
Lampiran 1	Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus.....	L-2
Lampiran 1	Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.....	L-3
Lampiran 1	Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar.....	L-4
Lampiran 1	Data Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar.....	L-5
Lampiran 1	Hasil Uji Kuat Desak Beton.....	L-6
Lampiran 1	Hasil Uji Modulus Elastisitas Beton.....	L-7
Lampiran 1	Kartu Bimbingan Tugas Akhir.....	L-8
Lampiran 1	Surat Bimbingan Tugas Akhir.....	L-9

ABSTRAKSI

Genteng "Soka" sudah dikenal luas oleh masyarakat karena mempunyai beberapa keunggulan diantaranya adalah kuat dan keras. Di daerah sekitar sentra industri genteng tersebut banyak terdapat limbah pecahan genteng yang kurang dimanfaatkan. Melihat sifat genteng "Soka" yang kuat dan keras, timbul pemikiran untuk memanfaatkan limbah pecahan genteng "Soka" sebagai agregat kasar pada beton ringan. Untuk meningkatkan daya tahan beton pecahan genteng tersebut dicampur dengan kerikil dengan variasi tertentu.

Penelitian ini bertujuan mengetahui hal-hal yang berhubungan dengan karakteristik fisik beton yang dihasilkan yaitu tentang kuat tekan, berat jenis, modulus elastis dan ketahanan terhadap cuaca. Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat memberikan masukan dalam pembuatan beton ringan dengan menggunakan campuran genteng "Soka" dengan kerikil dan memanfaatkan limbah pecahan genteng "Soka" agar tidak terbuang percuma.

Penelitian ini merupakan studi eksperimental/laboratorium, dengan mengacu pada penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Perencanaan adukan beton menggunakan takaran coba-coba. Gradasi agregat yang di gunakan adalah agregat yang lolos saringan 19,0 mm. Variasi campuran pecahan genteng "Soka" adalah 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% dari total agregat kasar yang digunakan. Untuk uji ketahanan terhadap cuaca digunakan larutan $MgSO_4$. Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan melalui tahapan-tahapan yaitu persiapan dan pemeriksaan bahan, persiapan alat, pembuatan benda uji dan pengujian benda uji.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton yang menggunakan agregat campuran kerikil dan pecahan genteng "soka" memiliki berat jenis lebih ringan dari beton normal, modulus elastis yang lebih rendah dari beton normal dan ketahanan terhadap cuaca sebagaimana disyaratkan. Adapun kuat tekan rata-rata dari beton yang dihasilkan pada umur 28 hari berkisar antara 319,538 kg/cm^2 sampai 351,753 kg/cm^2 .

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa beton yang dihasilkan dapat digunakan sebagai beton struktural.

BAB I

PENDAHULUAN

Dengan melihat perkembangan di bidang teknik sipil khususnya mengenai penggunaan beton dalam struktur, maka pada penyusunan tugas akhir ini penulis akan melakukan penelitian tentang penggunaan pecahan genteng “Soka” yang dicampur dengan kerikil pada beton. Adapun hal-hal yang dicakup dalam bab ini, yaitu mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan hipotesis, akan diuraikan sebagai berikut ini.

1.1 Latar Belakang

Penggunaan material lokal untuk saat ini sangat disarankan guna menghemat biaya. Dalam hal ini material yang dimaksud adalah yang berhubungan dengan bidang konstruksi, khususnya dalam pembuatan beton. Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi khususnya di bidang konstruksi, maka teknologi dalam pembuatan betonpun kian berkembang. Oleh karena itu perlu adanya penelitian-penelitian untuk mendapatkan temuan dan alternatif baru dalam pembuatan beton.

Pada umumnya pembuatan beton menggunakan agregat kasar yang berupa kerikil ataupun batu pecah. Akan tetapi untuk mendapatkan material tersebut untuk

daerah tertentu mungkin saja sangat sulit dan mahal. Untuk itu diupayakan untuk mencari material alternatif untuk mengurangi penggunaan material tersebut. Seperti halnya di daerah Kebumen yang telah dikenal dengan industri gentengnya terutama genteng "Soka" yang mempunyai beberapa keunggulan antara lain yaitu kuat dan keras, di daerah tersebut banyak terdapat limbah pecahan genteng. Masyarakat setempat telah memanfaatkan pecahan-pecahan genteng ini sebagai bahan urug pengganti kerikil untuk mengguruk jalan.

Melihat kondisi tersebut serta sifat genteng "Soka" yang ringan dan kekuatan yang dimiliki setelah dibakar mencapai 100 kg/cm^2 , maka timbul pemikiran untuk mencoba memanfaatkan limbah pecahan genteng tersebut di dalam pembuatan beton ringan. Dalam hal ini penggunaan pecahan genteng tidak secara mutlak, akan tetapi dicampur dengan kerikil yang banyaknya bervariasi. Tentu saja dimaksudkan agar didapat beton ringan dengan kekuatan dan mutu yang sesuai dengan direncanakan.

1.2 Rumusan Masalah

Sebagaimana tersebut dalam latar belakang, penulis mengupayakan agar pemanfaatan limbah pecahan genteng "Soka" semaksimal mungkin, khususnya untuk daerah Kebumen dan sekitarnya. Hal ini berkaitan dengan kondisi sosiologis daerah tersebut yang banyak terdapat industri genteng "Soka", yang dengan sendirinya terdapat banyak limbah pecahan genteng dan belum dimanfaatkan secara optimal.

Untuk itu dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat berguna bagi masyarakat khususnya daerah Kebumen dalam merencanakan konstruksi beton mutu ringan. Dengan demikian daerah tersebut tidak perlu khawatir dengan adanya limbah

pecahan genteng “Soka”. Selain itu juga akan lebih ekonomis dalam pembuatan beton mutu ringan khususnya. Hal tersebut dikarenakan pemanfaatan limbah pecahan genteng “Soka” yang hanya digunakan sebagai bahan/material pengurug jalan dan diberikan secara cuma-cuma (tidak diperdagangkan). Sehingga apabila pecahan genteng tersebut dapat memenuhi persyaratan sebagai agregat kasar dalam campuran beton, maka akan dapat mengurangi penggunaan kerikil yang harganya mencapai Rp 80.000,- tiap truk-nya

Tentu saja dalam penelitian ini selalu memperhatikan persyaratan dari beton mutu ringan. Hal itu dimaksudkan agar penelitian dilaksanakan lebih terarah.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik fisik beton dengan agregat kasar variasi campuran pecahan genteng “Soka” dengan kerikil yang meliputi:

1. berat jenis beton yang dihasilkan,
2. kuat tekan beton,
3. modulus elastis beton, dan
4. ketahanan beton terhadap cuaca.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan dalam pembuatan beton ringan dengan menggunakan campuran pecahan genteng “Soka” dengan kerikil yang memiliki kekuatan sesuai dengan yang disyaratkan.

Memanfaatkan limbah pecahan genteng "Soka" khususnya di daerah

Kebumen agar tidak terbuang dengan percuma.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat terarah sesuai dengan maksud dan tujuan, maka perlu adanya batasan masalah seperti berikut ini.

1. Pengujian kuat tekan saat umur beton mencapai 7, 14, 21 dan 28 hari, dengan batasan :
 - a. sampel berbentuk silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm,
 - b. semen yang digunakan adalah semen Nusantara kelas I,
 - c. agregat halus digunakan pasir asal Kali Boyong, Yogyakarta,
 - d. agregat kasar yang digunakan campuran pecahan genteng "Soka" dengan kerikil dengan variasi :
 - 1) lolos saringan 19,0 mm dan tertahan saringan 9,5 mm,
 - 2) pecahan genteng "Soka" 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% dari total agregat kasar yang dibutuhkan, dan
 - e. pada pengujian ketahanan beton terhadap cuaca digunakan larutan asam jenuh Magnesium Sulfat ($MgSO_4$).
2. Beton direncanakan dengan slump 5 cm.

1.6 Hipotesis

Pada penelitian ini penggunaan pecahan genteng "Soka" yang dicampur dengan kerikil dalam adukan beton dimaksudkan untuk mendapatkan variasi yang optimum yang menghasilkan beton dengan kuat desak lebih besar atau sama

dengan kuat tekan beton untuk struktur ringan dan memiliki ketahanan terhadap cuaca sesuai dengan yang disyaratkan.

1.7 Sistematika/Organisasi Penelitian

Dalam tugas akhir ini berisi 6 (enam) bab. Bab I berisi pendahuluan yang mencakup penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika/organisasi penelitian. Bab II berisi tinjauan pustaka yang mencakup penjelasan mengenai pengertian beton, bahan penyusun beton (semen, air, dan agregat), dan beton dari pecahan genteng. Bab III berisi landasan teori yang mencakup penjelasan mengenai berat jenis, kuat tekan beton dan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton (jenis semen dan kualitasnya, jenis dan bentuk permukaan agregat, umur beton, dan mutu agregat), modulus elastis, keawetan beton, dan ketahanan terhadap cuaca. Bab IV berisi metodologi penelitian dan pelaksanaan pengujian yang mencakup penjelasan mengenai pengumpulan data, analisis data, persiapan bahan dan alat, benda uji, metode perencanaan adukan beton, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, jumlah benda uji, dan pelaksanaan pengujian. Bab V berisi hasil penelitian dan pembahasan yang meliputi hasil penelitian, analisis pengendalian mutu pekerjaan, hasil pengujian, dan pembahasan. Bab VI berisi kesimpulan dan saran.

Selain itu ditambahkan lampiran-lampiran yang berisi: pemeriksaan keausan agregat (Abrasi Test), data pemeriksaan gradasi agregat halus, data pemeriksaan berat jenis agregat halus, data pemeriksaan berat jenis agregat kasar, data pemeriksaan berat volume agregat kasar, hasil kuat desak silinder beton, dan hasil modulus elastisitas tekan silinder beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi beton terus berkembang seiring dengan tuntutan kebutuhan konstruksi yang semakin meningkat. Salah satu hal yang penting dan perlu mendapat perhatian dalam teknologi pembuatan beton adalah mengetahui pengertian beton dan bahan-bahan penyusun beton, yaitu semen, air dan agregat baik agregat halus maupun agregat kasar.

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas lebih mendalam mengenai pengertian beton, bahan-bahan penyusun beton dan genteng, sebagaimana yang akan diuraikan berikut ini.

2.1 Pengertian Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03, 1991).

Campuran tersebut bila di tuang dalam cetakan kemudian dibiarkan, maka akan mengeras. Proses terjadinya pengerasan tersebut disebabkan reaksi kimia antara air dan semen, dan dalam hal ini tingkat kekerasan setara dengan umurnya. Nilai kekuatan dan daya tahan (*"durability"*) beton merupakan fungsi berbagai faktor,

diantaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur dan kondisi perawatan pengerasan (Dipohusodo, 1994).

Beton adalah merupakan bahan yang memiliki kuat tekan tinggi. Bila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekannya akan menyamai batuan alami (Tjokrodimulyo, 1995). Tetapi beton memiliki kuat tarik yang rendah. Maka dari itu untuk mengimbangi kondisi kuat tarik beton yang rendah tersebut, suatu struktur beton perlu diperkuat dengan baja tulangan, yang kemudian disebut dengan struktur beton bertulang.

Kemudahan dalam memperoleh bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan beton menyebabkan beton banyak digunakan masyarakat. Dengan adanya hal tersebut dan seiring dengan perkembangan teknologi dalam pembuatan beton, maka tidak tertutup kemungkinan adanya penggunaan bahan bangunan yang sekiranya dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan campuran beton dengan tanpa mengabaikan persyaratan yang telah ditetapkan.

2.2. Bahan Penyusun Beton

Bahan yang dipakai dalam pembuatan/ penyusunan beton terdiri dari semen, air, agregat halus, dan agregat kasar.

2.2.1. 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. Meski definisi tersebut

diterapkan untuk banyak bahan, semen yang dimaksudkan untuk pembuatan beton adalah bahan jadi yang mengeras dengan adanya air yang disebut semen hidrolis.

Yang dimaksud hidrolis yaitu apabila semen bercampur dengan air yang akan menyebabkan terjadinya proses kimia (hidrasi) yang menyebabkan campuran menjadi keras setelah beberapa waktu tertentu.

Selain untuk merekatkan butiran-butiran agregat, semen berfungsi pula untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Semen mengisi kira-kira 10% dari volume beton (Tjokrodimulyo, 1992).

Bahan pembentuk semen terdiri dari 4 senyawa pokok sebagaimana diuraikan berikut ini.

1. Trikalsium silikat (C_3S)

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 beton dari gangguan sulfat tinggi.

2.2.2. Air

Air merupakan bahan dasar utama selain semen dalam pembuatan beton. Keberadaan air dalam adukan memungkinkan adanya reaksi kimia pada semen yang menyebabkan pengikatan dan pengerasan serta berfungsi sebagai pelumas butir-butir agregat halus dan kasar untuk memudahkan pelaksanaan dan pencetakan.

Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya 25% dari berat semennya, namun dalam kenyataan nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 35%. Kelebihan air ini diperlukan pada pembuatan beton agar adukan beton dapat dicampur dengan baik, diangkut dengan mudah dan dapat dicetak tanpa rongga (tidak keropos).

Secara umum air yang dipakai untuk bahan pencampur beton adalah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling saat mencapai umur 7 dan 28 hari.

Adapun air yang digunakan dalam pembuatan beton harus memenuhi

persyaratan :

1. tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/lt,
1. tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gr/lt,
3. tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/lt, dan
4. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1gr/lt.

2.2.3. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Walau hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat- sifat betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton.

Agregat beton memiliki porsi terbesar yaitu sebesar 60% - 80% dari volume beton. Karena itu untuk mendapatkan beton yang baik, diperlukan agregat yang berkualitas baik pula. Agregat yang baik untuk pembuatan beton harus memenuhi tahap persyaratan, yaitu (PBI,1971):

1. harus bersifat kekal, berbutir tajam dan kuat,
2. tidak mengandung lumpur lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar,
3. tidak mengandung bahan-bahan organik dan zat-zat yang reaktif alkali, dan
5. harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.

a) Agregat halus

Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Untuk mendapatkan kualitas beton yang baik, maka pasir yang digunakan harus memenuhi syarat mutu :

1. Kadar lumpur atau bagian butir yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no. 200), dalam % berat maksimum :
 - a. Untuk beton yang mengalami abrasi 3,0
 - b. Untuk jenis beton lainnya 5,0
2. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah dirapihkan, maksimum 3,0%
3. Kandungan arang dan lignit
 - a. Bila tampak permukaan beton dipandang penting, kandungan maksimum 0,5%
 - b. Untuk beton jenis lainnya, maksimum 1,0%
4. Agregat halus bebas dari pengotoran zat organik yang merugikan beton. Bila diuji dengan Na-sulfat dan dibandingkan dengan warna standar/pembanding, tidak berwarna lebih tua dari warna standar. Jika berwarna lebih tua maka agregat halus itu harus ditolak, kecuali apabila :
 - a. Warna lebih tua timbul oleh adanya sedikit arang, lignit atau yang sejenisnya.
 - b. Diuji dengan melakukan percobaan perbandingan kuat tekan mortar yang memakai agregat tersebut terhadap kuat tekan mortar yang memakai pasir standar silika, menunjukkan nilai kuat tekan mortar tidak kurang dari 95 % kuat tekan mortar memakai pasir standar. Uji kuat tekan mortar harus dilakukan sesuai cara ASTM C87.

5. Agregat halus yang akan dipergunakan untuk pembuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh dipakai untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinya dihitung sebagai setara Natrium Oksida ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$) tidak lebih dari 0,60 %, atau dengan penambahan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaihan yang membahayakan oleh karena reaksi alkali-agregat tersebut.

6. Sifat kekal, diuji dengan larutan garam sulfat :

- a. Jika dipakai Natrium-Sulfat, bagian hancur maksimum 10 %.
- b. Jika dipakai Magnesium-Sulfat bagian yang hancur maksimum 15 %.

7. Susunan besar butir (Grading)

Agregat halus mempunyai susunan besar butir dalam batas-batas seperti terlihat pada Tabel 2.1. Agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos lebih dari 45% pada suatu ukuran ayakan berikutnya. Modulus kehalusannya tidak kurang dari 2,3 dan tidak lebih dari 3,1.

Tabel 2.1 Batas-batas susunan butir agregat halus

Ukuran lubang ayakan	Persen lolos kumulatif
(mm)	
9,5	100
4 75	95-100
2,36	80-100
1,18	50-85
0,6	25-60
0,3	10-30
0,15	2-10

Agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos lebih dari 45% pada suatu ukuran ayakan berikutnya. Modulus kehalusannya tidak kurang dari 2,3 dan tidak lebih dari 3,1.

b) Agregat kasar

Agregat kasar diperoleh dari alam dan juga dari proses memecah batu alam. Agregat alami dapat diklasifikasikan ke dalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi, yaitu agregat beku, agregat sedimen dan agregat metamorf, yang kemudian dibagi lagi menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil. Agregat pecahan diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran butiran sesuai yang diinginkan dengan cara meledakkan, memecah, menyaring, dan seterusnya. Dari kronologinya, agregat alami

ataupun agregat hasil pemecahan, dapat dibagi menjadi beberapa jenis kelompok agregat yang memiliki sifat khusus.

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 agregat pecahan bata/genteng tidak baik untuk beton kedap air (Tjokrodimulyo, 1992).

Agregat kasar besar butir-butirnya lebih besar 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 seperti 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 kasar 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 sebagai berikut:
 - 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.

2.3 Beton Dari Pecahan Genteng

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 ini 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 (Tjokrodimuljo, 1992).

Berbagai penelitian tentang sifat pecahan genteng sebagai bahan susun beton telah banyak dilakukan. Prawignyo (1992) telah melakukan penelitian kuat tekan beton dengan agregat kasar pecahan genteng "Soka" dengan butir agregat maksimum 40 mm. Hasil penelitian Prawignyo dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kuat tekan beton dari pecahan genteng “Soka” dan kebutuhan semen per kubik beton (Prawignyo, 1992)

Jenis Genteng	F.a.s	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kebutuhan Semen Per Kubik Beton (kg)
AB	0,45	354,11	462,72
	0,55	281,31	366,14
	0,65	233,60	325,81
HM	0,45	270,96	510,65
	0,55	245,62	481,25
	0,65	225,89	313,71
DKH	0,45	342,72	375,41
	0,55	277,51	357,28
	0,65	219,20	307,46

Menurut Saptono (1990) beton dari pecahan genteng mempunyai daya tahan panas yang lebih tinggi dibanding beton dari batuan biasa. Penurunan kekuatan setelah dipanasi selama 4 jam dengan suhu 400⁰C sebesar 10,8 %, sedangkan dari beton biasa penurunannya mencapai 36,113 %, hal ini karena pecahan genteng mempunyai sifat konduktor yang rendah.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Rahmat (1993) didapat bahwa kuat tekan beton dengan memakai agregat kasar pecahan genteng sokka pada umur 40 hari dengan ukuran butir maksimal 20 mm adalah 31,8 MPa. Sedangkan kuat tarik dan kuat lenturnya masing-masing adalah 3,9 Mpa dan 4,5 MPa dengan berat jenis beton yang dihasilkan sebesar 2,072 t/m³. Selain itu dari penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa kuat lentur hasil pengujian balok ternyata lebih besar daripada hasil analisis dengan penyimpangan rata-rata sebesar 14,75 %.

Hasil di atas berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh I Ketut (1995). Dengan menggunakan agregat yang sama yaitu pecahan genteng “Soka”

ukuran maksimal 20 mm, pada umur 28 hari kuat tekan dan kuat tarik yang dihasilkan adalah sebesar 17,11 N/mm² dan 2,149 N/mm².

Penelitian kali ini merupakan pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya yaitu tentang pemanfaatan pecahan genteng “Soka” sebagai agregat pada pembuatan beton. Adapun pada penelitian ini pecahan genteng soka tersebut dicampur dengan kerikil dengan 5 (lima) macam variasi campuran. Dari penelitian ini diharapkan akan diketahui karakteristik fisik beton dengan agregat kasar variasi campuran pecahan genteng “Soka” dengan kerikil.

BAB III

LANDASAN TEORI

Sebagaimana telah disebutkan pada bab I, bahwa penelitian pada tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik beton yang menggunakan campuran pecahan genteng “Soka” dan kerikil. Dalam landasan teori ini penulis akan menguraikan hal-hal yang berhubungan dengan karakteristik fisik beton yang meliputi berat jenis, kuat tekan, modulus elastis dan ketahanan terhadap cuaca pada beton.

3.1 Berat Jenis

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

1. dengan pemakaian agregat ringan, misalnya agregat kasar yang ringan, agregat halus yang ringan atau keduanya,
2. dengan membuat gelembung-gelembung udara, yaitu dengan pemakaian bahan tertentu yang menyebabkan terjadinya gelembung udara kecil didalam beton, dan
3. dengan cara tanpa memakai 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 3

(tiga) kelompok (Nevile, 1975), yaitu :

1. beton ringan jenis antara 0,30 sampai 0,80 gr/cm³ yang biasanya dipakai sebagai bahan isolasi,
2. beton ringan dengan berat jenis antara 0,80 sampai 1,40 gr/cm³ yang dapat dipakai untuk struktur ringan, dan
3. beton ringan dengan berat jenis antara 1,40 sampai 2,00 gr/cm³ yang dapat dipakai untuk struktur sedang.

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

3.2 Kuat Tekan Beton

Kekuatan beton tidak lebih tinggi daripada kekuatan agregatnya. Oleh karena itu sepanjang kuat tekan agregat lebih tinggi daripada beton yang dibuat dari agregat tersebut maka agregat tersebut masih dianggap cukup kuat. Namun dalam kasus-kasus beton kuat tekan tinggi yang mengalami konsentrasi tegangan lokal cenderung mempunyai tegangan lebih tinggi daripada kekuatan seluruh beton dalam hal ini kekuatan agregat menjadi kritis. Butir-butir yang lemah dan lunak perlu dibatasi nilai minimumnya jika ketahanan terhadap aberasi yang kuat dari betonnya diperlukan. Adapun salah satu cara untuk menguji kekuatan agregat kasar adalah dengan alat uji derak Los Angeles. Pada cara uji ini contoh butir-butir agregat dimasukkan kedalam silinder logam, dengan bola-bola baja untuk memukul, kemudian silinder diputar sehingga butir-butir agregat tersebut terpukul-pukul dan teraberasi. Prosentase jumlah agregat yang hancur selama pengujian merupakan ukuran dari sifat-sifat agregat,

yaitu keuletan, kekerasan dan ketahanan aus yang diharapkan merupakan sifat langsung yang berhubungan dengan kekuatan. Banyaknya butiran yang pecah pada akhir putaran ke-100 kali yang pertama dibandingkan dengan pada akhir putaran ke-500. Jika pada akhir ke-100 butiran yang pecah sudah lebih 20%, maka dianggap pada akhir ke-500 bagian butiran yang lunak sudah terlalu banyak (Tjokrodimulyo, 1993).

Menurut Salmon (1993), kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor selain oleh perbandingan faktor air semen dan tingkat pematatannya, faktor-faktor tersebut antara lain :

1. jenis semen dan kualitasnya,
2. jenis dan bentuk bidang permukaan agregat,
3. efisiensi perataan,
4. faktor umur, dan
5. mutu agregat.

Kuat tekan beton ditentukan dengan pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, air dan berbagai jenis campuran. Semakin rendah perbandingan air terhadap semen , semakin tinggi kuat tekan beton. Hubungan antara fas dan kuat tekan silinder beton (f_c') dapat dilihat pada Gambar 3.1.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(f'c - f'cr)^2}{(n-1)}} \quad (3.2)$$

dengan: S = deviasi standar, MPa

$f'c$ = kuat tekan beton yang didapat masing-masing benda uji, MPa

$f'cr$ = kuat tekan beton rata-rata, MPa

n = jumlah benda uji

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pelaksanaan pencampuran beton. Dengan mengacu pada rumus (3.2), maka semakin baik mutu pelaksanaan akan semakin kecil nilai deviasi standarnya.

Sedangkan untuk menghitung kuat tekan beton yang disyaratkan dipakai rumus sebagai berikut:

$$f'cr = f'c + M \dots \dots \dots (3.3)$$

$$M = k \cdot s_d \dots \dots \dots (3.4)$$

dengan: M = nilai tambah, MPa

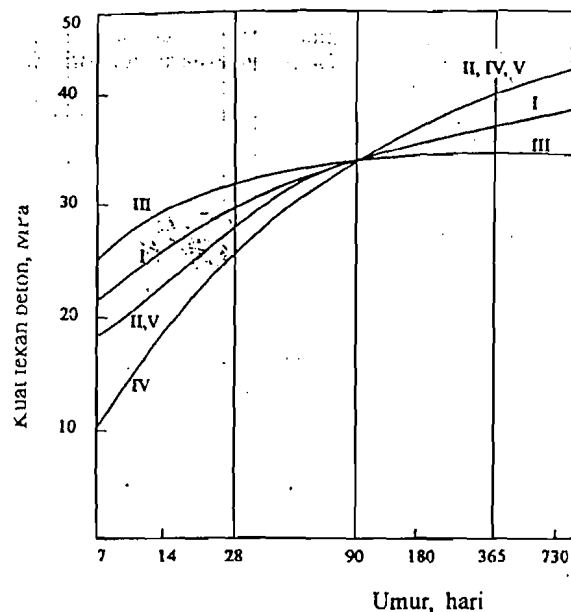
$$k = 1,64$$

s_d = deviasi standar, Mpa

Akan tetapi jika pelaksanaan tidak memiliki pengalaman hasil uji beton pada masa lalu dan hasil uji kurang dari 15 buah, maka untuk menghitung nilai karakteristik beton uji, nilai margin dapat langsung diambil sebesar 12 MPa.

3.2.1 Jenis Semen dan Kualitasnya

Semen portland mempunyai bermacam-macam type yaitu tipe I, tipe II, tipe III, tipe IV dan tipe V. Semen tipe I adalah semen yang banyak digunakan untuk pekerjaan konstruksi pada umumnya yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Semen tipe II adalah semen yang memiliki ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen tipe III yaitu semen dengan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi. Semen tipe IV yaitu semen yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah. Semen tipe V yaitu semen yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat. Hubungan kuat tekan beton untuk berbagai jenis semen dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kuat tekan beton untuk berbagai jenis semen (Tjokrodimulyo, 1995: 94)

3.2.2 Jenis dan Bentuk Permukaan Agregat

a. Jenis agregat

Jenis agregat dibedakan menjadi dua, yaitu agregat alami dan agregat buatan. Agregat alami diperoleh dari alam dan juga dari proses memecah batu alam. Agregat

alami dapat diklasifikasikan ke dalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi agregat beku, agregat sedimen dan agregat metamorf yang kemudian dibagi lagi menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil. Agregat pecahan diperoleh dengan memecah batu alam menjadi berukuran butiran sesuai yang diinginkan dengan cara meledakkan, memecah, menyaring dan seterusnya.

Agregat buatan umumnya dibuat dari pecahan bata/genteng yang bersih atau terak dingin dari tanur tinggi. Pecahan bata/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 agregat dari pecahan bata/genteng tidak baik untuk beton kedap air (Tjokrodimulyo, 1992). Hubungan jenis agregat terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.3.

b. Bentuk dan permukaan agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Permukaan yang halus pada kerikil dan kasar pada batu pecah berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat retak-retak beton terbentuk. Agregat dengan permukaan yang berpori dan kasar lebih disukai daripada agregat dengan permukaan yang halus, karena agregat dengan permukaan yang kasar dapat meningkatkan rekatan agregat-semen sampai 1,75 kali, adapun kuat tekan betonnya dapat meningkat sekitar 20 %. Sifat bentuk dan tekstur dari butir-butir agregat sebenarnya belum terdefinisikan secara jelas, sehingga sifat-sifat tersebut sulit diukur dengan baik dan pengaruhnya terhadap beton juga sulit

diperiksa dengan teliti. Berdasarkan bentuk butiran, agregat dapat dibedakan seperti berikut ini.

1. Agregat bulat

Agregat ini memiliki rongga udara minimum 33%. Hal ini berarti memiliki rasio permukaan-volume kecil, sehingga hanya memerlukan pasta semen sedikit untuk menghasilkan beton yang baik, namun ikatan antar butir-butirnya kurang kuat sehingga lekatannya lemah.

2. Bulat sebagian

Agregat ini memiliki rongga udara sekitar 35% - 38%. Dengan demikian lebih banyak membutuhkan pasta semen untuk mendapatkan beton segar yang dapat dikerjakan. Ikatan antar butir lebih baik daripada agregat bulat.

3. Bersudut

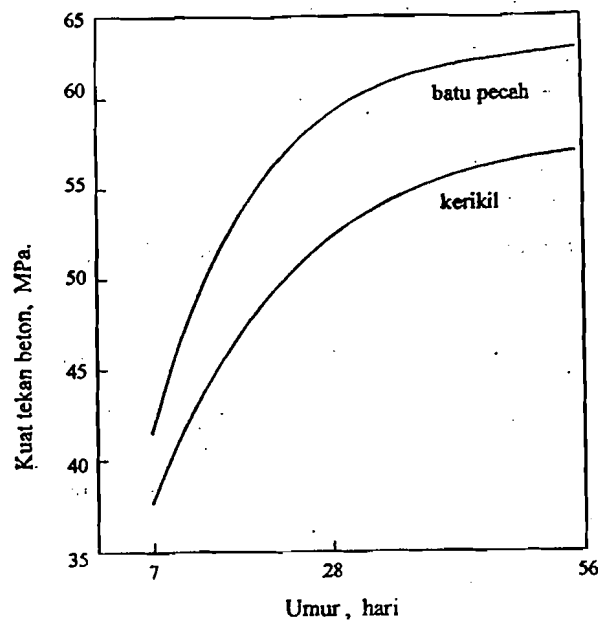
Agregat ini memiliki rongga berkisar antara 38% - 40%. Ikatan antar butirnya baik, sehingga membentuk daya lekat yang baik. Pasta semen yang diperlukan lebih banyak untuk adukan beton yang dapat dikerjakan.

4. Panjang dan pipih

Agregat pipih adalah agregat yang ukuran terkecil butirnya kurang dari $\frac{3}{4}$ ukuran rata-ratanya. Agregat panjang adalah agregat yang ukuran terbesar butirnya lebih dari $\frac{9}{5}$ ukuran rata-rata.

Tekstur permukaan ialah sifat permukaan yang tergantung pada ukuran apakah permukaan butir termasuk halus atau kasar, mengkilap atau kusam dan macam dari bentuk kekasaran permukaan. Sifat-sifat fisik agregat, misalnya bentuk dan tekstur secara nyata mempengaruhi mobilitas dari beton segarnya, maupun daya lekat antar

agregat dengan pastinya. Kuat rekatan antara agregat dan pasta semen tergantung pada tekstur permukaan tersebut. Rekatan tersebut merupakan pengembangan dari ikatan mekanis antar butiran. Suatu agregat dengan permukaan yang berpori dan kasar lebih disukai daripada agregat dengan permukaan halus, karena agregat dengan permukaan kasar dapat meningkatkan rekatan agregat-semen sampai 1,75 kali, adapun kuat tekan betonnya dapat meningkat sampai sekitar 20% (Tjokrodimulyo, 1996).



Gambar 3.3 Pengaruh jenis agregat pada kuat tekan beton
(Tjokrodimulyo, 1995: 95)

3.2.3 Umur Beton

Kuat tekan beton meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut dipengaruhi oleh faktor air semen .

Semakin tinggi faktor air semen semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya dan sebaliknya semakin rendah faktor air semen semakin cepat kenaikan kuat tekannya.

3.2.4 Mutu Agregat

Mutu agregat akan sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Semakin baik mutu agregat yang dipakai akan semakin besar kuat tekannya.

Agregat yang baik dan bermutu tinggi adalah agregat yang memenuhi persyaratan-persyaratan antara lain sebagai berikut ini.

- a. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut.
- b. Tidak mengandung zat yang menghisap air dari udara.
- c. Tidak mengandung zat organis.
- d. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm.
- e. Harus mempunyai variasi gradasi yang baik.
- f. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca.
- g. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi agregat harus mempunyai tingkat reaktif yang negatif terhadap alkali.
- h. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20% dari berat keseluruhan.

3.2.4.1 Gradasi Agregat

Seperti yang telah disebutkan dalam tinjauan pustaka, bahwa beton biasanya terdiri dari 60% sampai 80% volumenya berupa agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang

utih, homogen dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat yang berbutir besar.

Karena agregat merupakan bahan terbanyak di dalam beton, maka semakin banyak persen agregat dalam campuran akan semakin murah harga beton, dengan syarat campuran masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen struktur yang menggunakan beton tersebut (Nawy,1985).

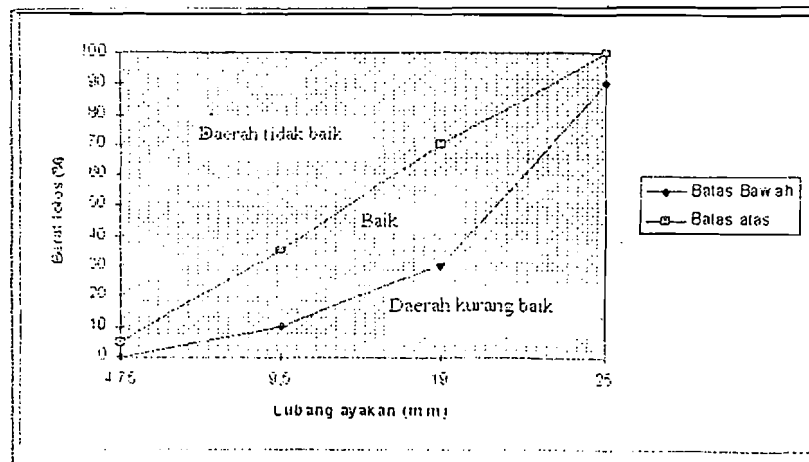
Persyaratan gradasi agregat berbobot ringan untuk beton struktural menurut ASTM C-330 ditunjukkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Persyaratan gradasi agregat berbobot ringan untuk beton struktural menurut ASTM C-330

Ukuran	Prosentase (berat) lewat saringan berlubang bujur sangkar								
	25,5mm	19,0mm	12,5mm	9,5mm	4,75mm	2,36mm	1,18mm	300µm	150µm
Agregat halus	-	-	-	100	85-100	-	40-80	10-35	5-25
Agregat kasar									
25mm	95-100	-	25-60	-	0-100	-	-	-	-
19mm	100	90-100	-	10-50	0-15	-	-	-	-
12,5mm	-	100	90-100	40-80	0-20	0-10	-	-	-
9,5mm	-	-	100	80-100	5-10	0-20	0-10	-	-
Gabungan agregat halus dan kasar									
12,5mm	-	100	95-100	-	50-80	-	-	5-20	2-15
9,5mm	-	-	100	90-100	65-90	-	-	10-15	5-15

Agregat ringan dalam campuran beton akan menyerap air yang relatif lebih banyak dibanding dengan agregat beton biasa dan penyerapan itu berlangsung sangat cepat. Pertimbangan merupakan landasan yang penting dalam perbandingan dalam campuran beton.

Batas-batas gradasi agregat kasar menurut ASTM standar C33-71a, diperlihatkan dalam Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Grafik batas-batas gradasi agregat kasar menurut ASTM standar C33-71a

Menurut Sadji (1997), gradasi agregat dapat mempengaruhi :

1. jumlah pemakaian air,
2. naiknya air ke permukaan beton yang baru dicor (*bleeding*),
3. pengecoran beton,
4. pemadatan beton,
5. penyelesaian beton, dan
6. sifat-sifat beton yang sudah mengeras.

Gradasi yang baik dapat menghasilkan kerapatan (*density*) maksimum dan porositas (*voids*) minimum. Dalam pelaksanaan, ketidakseragaman gradasi ini akan mengakibatkan variasi yang cukup besar.

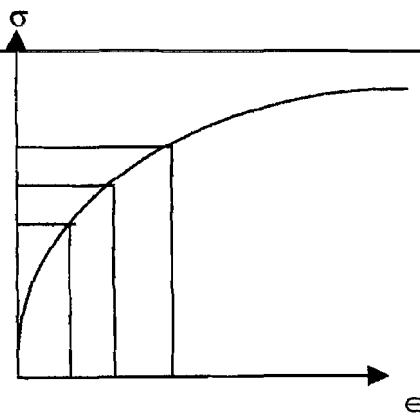
3.3.4.2 Modulus Halus Butir

Menurut Tjokrodimulyo (1992), modulus halus butir (*fineness modulus*) ialah suatu indek yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Modulus halus butir (mhb) ini didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas suatu set ayakan dan kemudian dibagi seratus.

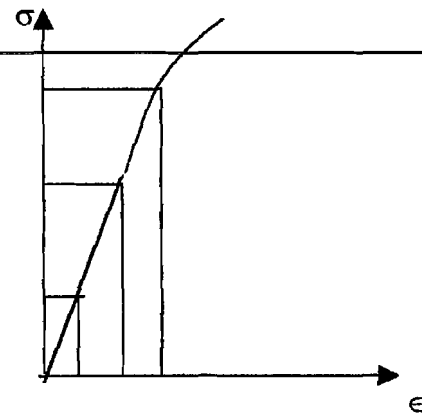
Makin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar butir-butirnya. Pada umumnya pasir memiliki modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8 , sedangkan kerikil memiliki modulus halus butir antara 5 sampai 8.

3.3 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 memberi gambaran mengenai perilaku bahan itu bila mengalami beban tarik atau beban tekan. Bila nilai E semakin kecil, akan semakin mudah bagi bahan untuk mengalami perpanjangan atau perpendekan. Grafik hubungan linier dan non-linier tegangan dan regangan ditunjukkan oleh Gambar 3.5 dan 3.6.



Gambar 3.5 Hubungan non-linier antara tegangan dan regangan



Gambar 3.6 Hubungan linier antara tegangan dan regangan pada nilai tegangan rendah

Tegangan tidak selalu berbanding lurus dengan regangan. Seperti pada Gambar 3.5, 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 demikian harus dengan rumus yang berbeda dengan bahan-bahan elastis linier. Gambar 3.6 menunjukkan suatu kesebandingan antara tegangan dan regangan untuk nilai tegangan yang rendah, tetapi pada tegangan yang tinggi bahan memiliki kelakuan nono-linier. Ketidak linier-an dikibatkan 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).

Modulus sekan pada 25% sampai 50% dari kuat tekan f_c' biasanya diambil sebagai modulus elastisitas. Selama bertahun-tahun modulus elastisitas didekati dengan harga $1000 f_c'$ oleh peraturan ACI, akan tetapi dengan penggunaan beton ringan yang maju pesat, maka variabel kerapatan (*density*) perlu diikutkan. Sebagai suatu hasil dari analisa statistik atas data-data yang tersedia, maka rumus empiris yang diberikan oleh ACI-8.5.1 adalah:

$$E_c = 0,043 w_c^{1.5} \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (3.5)$$

dimana: E_c = modulus elastis beton (MPa)

W_c = berat isi beton (kg/m^3)

F_c' = kuat tekan beton (Mpa)

Persamaan (3.5) dapat dipandang sebagai modulus sekan untuk suatu tegangan tekan pada tingkatan beban kerja dan hanya berlaku untuk beton dengan berat isi berkisar antara 1500 sampai 2500 kgf/m^3 . Untuk beton kepadatan normal dengan berat isi $\pm 25 \text{ kN/m}^3$ dapat digunakan nilai $E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$.

3.4 Keawetan Beton (*Durability*)

Suatu bangunan yang terbuat dari beton harus dapat tahan untuk jangka waktu yang lama terlebih lagi jika bangunan tersebut bersifat monumental. Untuk itu perlu

diperhatikan perhitungan analisis terhadap struktur dan keawetan serta ketahanan betonnya terhadap berbagai faktor yang menimbulkan kerusakan.

Faktor internal pada betonnya sendiri antara lain:

- a. susut plastis dan susut kering menimbulkan retakan,
- b. perubahan volume oleh perbedaan sifat thermal antara agregat dan pasta semen,
- c. adanya garam-garam sulfat dan klorida bebas pada campuran beton, dan
- d. tidak kedap (permeable) beton.

Faktor eksternal yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada beton yang berhubungan langsung dengan lingkungan antara lain faktor kimia seperti berikut ini.

- a. Serangan zat kimia yang agresif pada air, gas dan udara.

Zat kimia yang merusak beton adalah sulfat, klorida, asam, karbon dioksida dan soda.

Sulfat bisa terdapat pada air hujan yang menerima gas SO_2 dari udara, membentuk asam sulfat dan garam sulfat yang dapat bereaksi secara kimia dengan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan trikalsium aluminat dalam pasta semen lalu mengakibatkan kerusakan beton. Asam dan soda dapat bereaksi dengan kapur pada semen dan secara lambat dapat merusak beton.

- b. Proses karbonisasi yaitu bersenyawanya gas karbon dioksida (CO_2) diudara dengan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada beton berakibat turunnya pH beton dan mendorong terjadinya korosi baja tulangan. Reaksi ini hanya terjadi pada kondisi lembab. Kerusakan terutama terjadi pada beton yang tidak kedap udara, dan konsentrasi CO_2 diudara cukup tinggi.

Untuk mengetahui seberapa besar daya tahan beton terhadap faktor tersebut diatas maka perlu diadakan pengujian-pengujian pada beton antara lain uji ketahanan terhadap cuaca.

3.4.1 Ketahanan Terhadap Cuaca

Kondisi cuaca senantiasa berubah-ubah mulai dari suhu udara, waktu siang dan malam, musim kamarau dan musim penghujan atau pembekuan (pada daerah dengan musim dingin), dapat mempengaruhi sifat keawetan (*durability*) dari struktur beton yang berupa retakan pada permukaan beton atau disintegrasi pada kedalaman yang cukup besar. Untuk itu perlu diketahui sifat keawetan dari suatu struktur beton.

Untuk melakukan pengujian ketahanan terhadap cuaca beton dilakukan dengan merendam sampel beton ke dalam larutan Natrium Sulfat (NaSO_4) atau Magnesium Sulfat (MgSO_4), kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105°C . Proses perendaman dan pengeringan masing-masing dilakukan selama 12×24 jam.

Berat yang berkurang setelah selesai dilakukan pengujian akan menunjukkan sifat keawetan atau ketahanan terhadap cuaca dari beton yang diuji tersebut. Jika digunakan larutan Natrium Sulfat batasnya 12%, sedang apabila menggunakan larutan Magnesium Sulfat batasnya 18%.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan di desain suatu campuran beton dengan menggunakan agregat kasar berupa variasi campuran kerikil dan limbah pecahan genteng “Soka”. Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium dengan membuat beberapa benda uji silinder beton untuk diuji kuat tekan dan ketahanannya terhadap cuaca. Hasil akhir suatu penelitian berkaitan erat dengan metode penelitian yang disesuaikan dengan prosedur, jenis alat yang digunakan dan jenis penelitian.

Dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium tersebut akan melalui beberapa tahapan yang meliputi pengumpulan data, analisis data, persiapan bahan dan alat, benda uji, metode perencanaan adukan, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, jumlah benda uji dan pelaksanaan penelitian.

4.1 Pengumpulan Data

Sebelum dilakukan penelitian lebih lanjut diperlukan data-data yang mendukung penelitian tersebut. Dalam penelitian ini data diperlukan adalah data tentang hal-hal yang dapat mempengaruhi kuat tekan, modulus elastis dan ketahanan cuaca pada beton. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh melalui

percobaan, pengamatan dan perhitungan langsung di laboratorium BKT Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII Yogyakarta.

4.2 Analisis Data

Setelah data yang diperlukan cukup, maka dilakukan analisis data dengan perhitungan langsung dari data laboratorium dengan menggunakan formula dan prosedur yang ditentukan untuk menentukan kuat tekan, modulus elastis ataupun ketahanan terhadap cuaca 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 dapat 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 adalah:

1. semen portland pozolan merek Nusantara,
2. agregat halus (pasir) dari sungai progo,
3. agregat kasar (kerikil) dari Progo dan pecahan genteng "Soka" dari Kebumen,
4. air yang digunakan dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

Pemeriksaan bahan meliputi:

1. berat jenis,
2. analisa saringan dan modulus halus butir agregat, dan
3. pemeriksaan kadar lumpur agregat halus.

4.3.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: cetakan beton (silinder), oven, bak pengaduk beton kadap air, satu set alat pemeriksaan slump (kerucut Abrams), mesin uji desak beton, ayakan, timbangan, kaliper dan peralatan bantu lainnya.

4.4 Benda Uji

Benda uji yang dipergunakan berbentuk silinder beton. Selanjutnya benda uji tersebut akan diuji setelah beton berumur 7, 14, 21 dan 28 hari.

Benda uji tersebut dibuat dengan menggunakan agregat kasar berupa campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka" yang variasinya seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Variasi campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka"

Variasi	Kerikil (%)	Genteng (%)
Variasi-1 (V0)	100	0
Variasi-2 (V1)	75	25
Variasi-3 (V2)	50	50
Variasi-4 (V3)	25	75
Variasi-5 (V4)	0	100

4.5 Metode Perencanaan Adukan Beton

Perancangan adukan beton direncanakan untuk mendapatkan hasil yang sebaik-baiknya, yang antara lain diuraikan sebagai berikut (Tjokrodimulyo,1992):

1. kuat tekan tinggi,
2. mudah dikerjakan,
3. tahan lama (awet), dan
4. murah dan tahan aus.

Dalam penelitian ini metode yang digunakan dalam membuat campuran beton adalah metode coba-coba. Berdasarkan Tabel 4.1 yang disadur dari “Design and Control of Concrete Mixtures” (PCA) dapat digunakan untuk merencanakan adukan beton (Antono,1971). Tahapan sebelum dilakukan perencanaan adukan adalah sebagai berikut ini.

1. Menentukan ukuran agregat maksimum (19 mm)

Dalam membuat adukan beton tidak boleh mengandung butiran-butiran yang panjang dan pipih. Karena kondisi genteng berbentuk pipih dan ukuran terkecil untuk agregat maksimum berdasarkan Tabel 4.2 adalah 19mm, maka diambil ukuran agregat kasar maksimum 19mm.

2. Mencari modulus halus butir pasir

Berdasarkan Tabel 4.2, selain ukuran agregat kasar maksimum, harus dicari besarnya modulus halus butir (M_{hb}) pasir apabila merencanakan suatu adukan beton dengan metode coba-coba.

3. Menentukan faktor air semen

Besarnya faktor air semen yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Gambar 4.1, berdasarkan nilai kuat tekan rencana yang dikehendaki.

4. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil.

Setelah ukuran agregat maksimum, besarnya modulus halus butir pasir dan besarnya harga faktor air semen diperoleh, dapat dicari proporsi campuran berdasarkan Tabel 4.2.

5. Menentukan perbandingan adukan.

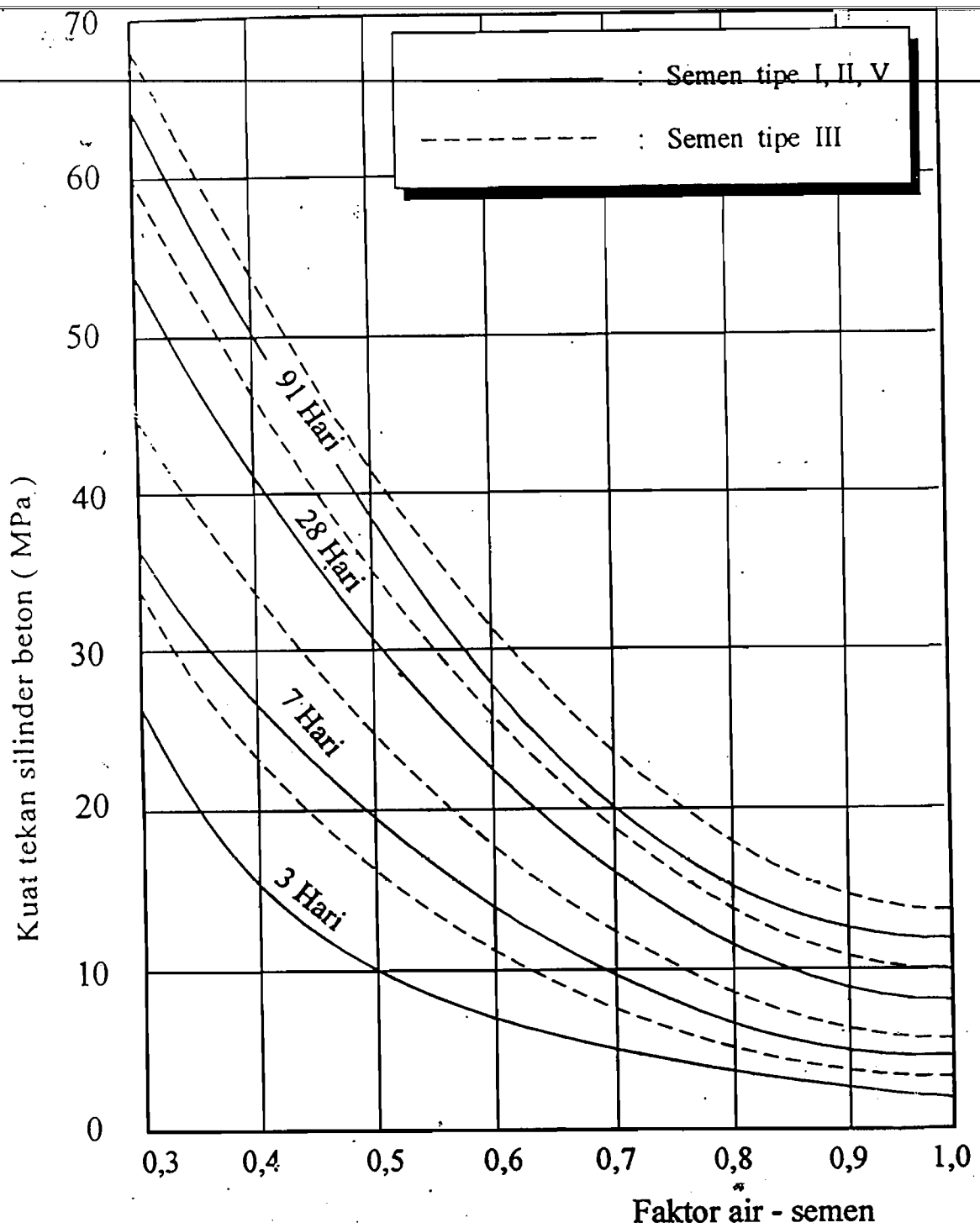
Perbandingan adukan didapatkan setelah mengetahui kebutuhan bahan-bahan berdasarkan proporsi campuran yang diperoleh.

6. Menentukan nilai slump sebesar 5 cm

Besarnya nilai slump berkaitan dengan kelecakan dan kemudahan dalam pengerjaan (*workability*).

Tabel 4.2 Daftar Kebutuhan Bahan Campuran Beton pada Beberapa FAS

Ukuran Maks. Kerikil (mm)	Faktor air semen (fas)	Perbandingan berat sp: pasir: kerikil, dengan sp = 1								
		Pasir halus Mhb 2,2 – 2,6			Pasir sedang Mhb 2,6 – 2,9			Pasir kasar Mhb 2,9 – 3,2		
		% pasir dari p + k	P	K	Persen Pasir Dari P + k	P	K	Persen Pasir dari P + k	P	K
19,1	0,4450	43	1,81	2,45	45	1,91	2,34	47	1,97	2,23
25,4	0,4450	38	1,70	2,71	40	1,76	2,66	42	1,86	2,53
38,1	0,4450	34	1,59	3,19	36	1,70	3,09	38	1,81	2,98
50,8	0,4450	31	1,59	3,56	33	1,70	3,46	35	1,81	3,35
19,1	0,4895	44	2,08	2,66	46	2,18	2,55	48	2,29	2,45
25,4	0,4895	39	1,92	3,03	41	2,02	2,93	43	2,13	2,82
38,1	0,4895	35	1,86	3,41	37	1,97	3,55	39	2,08	3,24
50,8	0,4895	32	1,86	3,94	34	1,97	3,83	36	2,08	3,72
19,1	0,5340	45	2,40	2,93	47	2,50	2,82	49	2,61	2,71
25,4	0,5340	40	2,18	3,14	42	2,29	3,14	44	2,40	3,03
38,1	0,5340	36	2,13	3,78	38	2,24	3,67	40	2,40	3,56
50,8	0,5340	33	2,13	4,26	35	2,24	4,15	37	2,34	4,04
19,1	0,5785	45	2,61	3,07	48	2,72	2,98	50	2,82	2,82
25,4	0,5785	41	2,45	3,51	43	2,56	3,41	45	2,66	3,30
38,1	0,5785	37	2,40	4,04	39	2,50	3,94	51	2,66	3,78
50,8	0,5785	34	2,40	4,57	36	2,50	4,42	38	2,66	4,36
19,1	0,6230	47	2,92	3,35	49	3,09	3,24	51	3,19	3,06
25,4	0,6230	42	2,71	3,78	44	2,87	3,62	46	2,98	3,51
38,1	0,6230	38	2,66	4,36	40	2,82	4,20	42	2,87	4,10
50,8	0,6230	35	2,66	4,95	37	2,82	4,79	39	2,98	4,62
19,1	0,6675	48	3,19	3,35	50	3,43	3,35	52	3,51	3,19
25,4	0,6675	43	3,15	3,78	45	3,19	3,98	47	3,30	3,78
38,1	0,6675	39	2,93	3,36	51	3,09	4,41	43	3,25	4,26
50,8	0,6675	36	2,93	4,95	38	3,09	5,11	40	3,255	4,94
19,1	0,7120	49	3,51	3,67	51	3,67	3,51	53	3,83	3,35
25,4	0,7120	44	3,35	4,26	46	3,51	4,10	48	3,67	3,94
38,1	0,7120	40	3,25	4,48	42	3,41	4,68	44	3,56	4,52
50,8	0,7120	37	3,30	5,58	39	3,46	5,42	41	3,62	5,21



Gambar 4.1 Hubungan faktor air-semen dan kuat tekan silinder beton (Tjokrodimulyo, 1995:96)

4.6 Pembuatan Benda Uji

Setelah perhitungan proporsi campuran beton didapat, maka selanjutnya adalah pembuatan benda uji melalui tahapan-tahapan sebagai berikut ini.

1. Bahan-bahan disiapkan dan ditimbang dengan proporsi yang telah ditentukan sesuai dengan rencana. Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan kandungan lumpur, kandungan zat organik, berat jenis dan gradasi agregat. Saat penimbangan agregat kasar dan halus dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD).
2. Pengadukan campuran dilakukan dengan memasukan bahan-bahan campuran secara bertahap. Proporsi bahan-bahan yang dimasukkan disesuaikan dengan kapasitas molen yang digunakan.
3. Adukan yang telah merata segera dituangkan dalam bak penampung beton segar untuk diuji slumpnya dengan menggunakan kerucut Abrams.
4. Beton segar segera dituangkan kedalam cetakan yang telah diolesi oli sebelumnya.
5. Bersamaan dengan masuknya beton kedalam cetakan, dilakukan pemadatan dengan cara ditusuk-tusuk menggunakan tongkat besi pada adukan beton dan diketuk-ketuk sisi luar cetakan dengan palu kayu agar gelembung udara terperangkap bisa keluar.
6. Setelah penuh dan padat, bagian atas diratakan lalu ditutup dengan kaca dan didiamkan pada tempat yang terlindung dari panas dan hujan.
7. Setelah satu hari cetakan dibuka, kemudian dilakukan perawatan beton.

4.6 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji adalah suatu upaya menjaga permukaan beton segar selalu lembab, sejak beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras pada umur yang direncanakan . Kelembaban permukaan beton harus dijaga dengan baik untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila hal tersebut tidak dilakukan nantinya akan didapatkan beton yang kurang kuat dan timbul retak-retak. Kelembaban permukaan beton juga dimaksudkan agar lebih tahan terhadap cuaca dan lebih kedap air.

Perawatan beton akan dilakukan dengan cara merendam benda uji ke dalam bak yang terisi air atau dengan cara menyelimuti permukaan beton dengan karung basah selama umur yang direncanakan.

4.8 Jumlah Benda Uji

Setelah beton berumur 7, 14, 21 dan 28 hari, maka dilakukan pengujian beton dengan menggunakan alat tekan beton. Pengujian tersebut dilakukan di laboratorium BKT, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Banyaknya benda uji yang dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Jumlah benda uji (variasi lihat Tabel 4.1)

No	Variasi	Uji Kuat Tekan Silinder Beton d= 15 cm, t = 30 cm				Uji Ketahanan Terhadap Cuaca Silinder Beton d= 5 cm, t = 10 cm Umur 28 hari	Jumlah
		Umur (hari)					
		7	14	21	28		
1	V0	3	3	3	3	5	17
2	V1	3	3	3	3	5	17
3	V2	3	3	3	3	5	17
4	V3	3	3	3	3	5	17
5	V4	3	3	3	3	5	17
Jumlah total							85

4.9 Pelaksanaan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini metode yang digunakan untuk menentukan proporsi campuran beton adalah metode coba-coba. Penelitian dilaksanakan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Benda uji dibuat sebanyak 60 buah silinder yang meliputi 5 (lima) macam variasi campuran agregat kasar beton, yang merupakan kombinasi antara agregat kasar pecahan genteng "Soka" dengan batu pecah dengan nilai fas dan "slump" yang sama. Setiap variasi campuran beton dibuat benda uji sebanyak 3 (tiga) buah silinder dengan ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm, dengan waktu pengujian setelah beton berumur 7, 14, 21 dan 28 hari.

Untuk uji ketahanan terhadap cuaca, setiap variasi campuran beton dibuat benda uji sebanyak 5 (lima) buah silinder dengan ukuran tinggi 10 cm dan diameter 5 cm dengan waktu pengujian dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari.

Pelaksanaan penelitian ini meliputi tahap persiapan dan pemeriksaan bahan, persiapan alat, penentuan proporsi campuran dan pembuatan beda uji dan pengujian benda uji.

4.9.1 Persiapan dan Pemeriksaan Bahan

Bahan yang yang digunakan dalam pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah Semen portland, agregat halus, agregat kasar, air dan larutan Magnesium Sulfat ($MgSO_4$).

1. Semen Portland

Semen portland yang digunakan merk Nusantara dengan data:

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

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir alami dengan data:

- a. pasir alami yang digunakan berasal dari kali Progo, kabupaten Sleman,
- b. berat jenis pasir $2,67 \text{ gr/cm}^3$, dan
- c. hasil analisa butiran halus dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.4 Hasil analisa butiran halus

Diameter Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Tertahan (%)	Berat tertahan Komulatif (%)	Berat lolos Komulatif (%)
4,75	0	0	0	100
2,36	97,0	4,545	4,545	95,455
1,18	288,0	18,496	17,952	82,048
0,60	581,5	27,249	45,201	54,799
0,30	620,5	29,077	74,278	25,722
0,15	453,5	21,251	95,517	4,471
sisia	93,5	4,381	-	-
Jumlah % komulatif berat tertahan			237,416	



Dari Tabel 4.4 diperoleh:

$$\text{Modulus halus butir (mhb) Pasir} = (237,416/100) \times 100\% = 2,37$$

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan berupa pecahan genteng “Soka” dan batu pecah dengan data- data sebagai berikut:

- a. pecahan genteng berasal dari daerah “Soka” , kabupaten Kebumen,
- b. berat jenis kering permukaan (SSD) pecahan genteng $2,22 \text{ gr/cm}^3$
- c. keausan (“abrasi”) pecahan genteng 45,16%
- d. batu pecah berasal dari Progo, kabupaten Kulonprogo, dan
- e. berat jenis kering permukaan (SSD) $2,50 \text{ gr/cm}^3$

Gradasi agregat kasar masing-masing dari pecahan genteng dan batu pecah yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang lolos saringan 19,0 mm dan tertahan saringan 9,5mm. Kedua agregat kasar dicampur dalam 5 (lima) variasi campuran seperti pada Tabel 4.1.

Sebelum diadakan pencampuran adukan, agregat dicuci/dibersihkan dari kotoran dan lumpur terlebih dahulu.

Agregat yang digunakan dalam proses pencampuran adalah agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan (*Saturated surface dry* ,SSD),karena:

- a) merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat di dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada pastinya, dan
- b) kadar air di lapangan lebih banyak mendekati keadaan SSD daripada yang kering tungku.

4. Air

Air yang digunakan untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah air yang diambil dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

5. Magnesium Sulfat ($MgSO_4$)

Larutan $MgSO_4$ yang dipakai dalam penelitian ini diperoleh dari toko “Aneka Kimia”, Jl. Kaliurang, Km 2,5 Yogyakarta.

4.9.2 Persiapan Alat

Alat yang digunakan dalam pengujian ini meliputi alat uji desak, alat uji modulus elastisitas dan tungku/oven untuk uji ketahanan terhadap cuaca.

1. Alat uji tekan

Alat uji desak yang digunakan adalah alat elektrikal hidroulik dengan merk Control. Cara mengoperasikan alat ini cukup dengan menekan tombol yang ada dan besarnya gaya tekan dapat dibaca pada dial pembacaan beban.

2. Alat uji modulus elastisitas

Alat uji moduls elastisitas beton yang digunakan sama dengan alat yang digunakan unttuk pengujian desak, yaitu alat elektrikal merk Control untuk memberikan beban desak dan kompressometer yang dilengkapi dengan “stop watch” yang dipasang pada benda uji.

4.9.3 Penentuan Proporsi Campuran dan Pembuatan Benda uji

Penentuan proporsi bahan susun beton ini menggunakan metode takaran coba-coba, dengan langkah-langkah perencanaan sebagai berikut ini.

1. Menentukan ukuran agregat kasar maksimum

Diambil ukuran maksimum agregat kasar 19 mm.

2. Menentukan modulus halus butir pasir.

Dari pemeriksaan di laboratorium didapatkan modulus halus butir pasir sebesar 2,37.

3. Menentukan besarnya faktor air-semen.

Dari Gambar 4.1 dan Tabel 4.2 diambil harga faktor air-semen sebesar 0,5340.

4. Menentukan perbandingan berat bahan-bahan penyusun beton

Berdasarkan modulus halus butir (Mhb) pasir, nilai fas yang direncanakan dan ukuran maksimum agregat kasar, maka dengan Tabel 4.1 dapat ditentukan perbandingan berat bahan-bahan penyusun beton sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perbandingan Berat Bahan Penyusun Beton

Nilai Fas	Semen (kg)	Pasir (kg)	Krikil (kg)	Air (kg)
0.5340	1,0000	2,4000	2,9300	0,5340

5. Menentukan perbandingan volume bahan-bahan penyusun beton.

Berdasarkan berat jenis masing-masing bahan penyusun beton dan perbandingan berat pada Tabel 4.5, maka dapat dihitung perbandingan volumenya sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perbandingan Volume Bahan Penyusun Beton

Nilai Fas	Semen (m ³)	Pasir (m ³)	Kerikil (m ³)	Air (m ³)
0,5340	0,0003	0,0009	0,0012	0,0005

6. Menentukan volume bahan yang dibutuhkan.

Berdasarkan perbandingan volume pada Tabel 4.6, jumlah perbandingan volume agregat dan volume sampel yang diinginkan, maka dapat dihitung kebutuhan bahan penyusun beton untuk tiap variasi adalah sama, sebagaimana tercantum pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Volume Bahan Penyusun Beton yang Dibutuhkan

Nilai Fas	Jumlah Perbandingan Volume agregat	Volume sampel	Perbandingan berat agregat			
			Semen (m ³)	Pasir (m ³)	Kerikil (m ³)	Air (m ³)
0,534	0,0029	0,0645	0,0067	0,0200	0,0267	0,0111

5. Menentukan bahan penyusun beton yang dibutuhkan dalam satuan berat.

Berdasarkan berat jenis masing-masing bahan penyusun dan kebutuhan bahan penyusun pada Tabel 4.7, maka kebutuhan bahan penyusun beton dalam satuan berat dapat dihitung sebagaimana tercantum pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Bahan Penyusun Beton yang Dibutuhkan dalam Satuan Berat

Nilai Fas	Perbandingan berat agregat			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)
0,5340	21,11	53,40	66,75	11,10

Dari Tabel 4.8 diatas diketahui berat kerikil yang dibutuhkan dalam penyusunan beton, yang dimaksud dengan kerikil disini adalah campuran antara pecahan genteng dengan kerikil (batu pecah) adapun proporsi campurannya adalah seperti yang telah dijelaskan pada bab IV mengenai benda uji.

6. Proses penyusunan

Langkah-langkah yang dilakukan pada waktu proses penyusunan adalah sebagai berikut ini.

- a. Kurang lebih 80% dari campuran pasir dan kerikil (agregat kasar) yang disediakan dituangkan kedalam mesin pengaduk.
- b. Semen portland dan air dimasukkan secara bertahap dengan perbandingan fas yang direncanakan, kemudian diaduk sampai plastis.
- c. Konsistensinya diperiksa dengan pengujian "slump". Bila slump yang diperoleh kurang dari 5 cm, maka ditambahkan air dan semen secara bersamaan dengan perbandingan yang tetap sesuai dengan fas yang direncanakan sedikit demi sedikit hingga diperoleh slump yang direncanakan yaitu 5 cm.
- d. Jika ternyata pada pengujian slump untuk pertama kali didapat slump lebih besar dari slump rencana, maka ditambahkan campuran pasir dan kerikil secara bertahap dan diaduk lagi. Hal ini dilanjutkan sampai mencapai slump yang telah direncanakan.

7. Menentukan volume bahan susun yang dibutuhkan setelah proses pencampuran.

Setelah proses pencampuran bahan penyusun beton dilakukan kadang kala slump yang direncanakan belum terpenuhi, untuk itu perlu dilakukan penambahan campuran bahan penyusun beton.

Penambahan bahan ini dapat dilihat pada Tabel 4.9. Penambahan ini terjadi pada semua variasi campuran yang diuji dengan penambahan berat bahan yang sama.

Tabel 4.9 Penambahan Bahan Penyusun Beton dalam Satuan Berat

Nilai Fas	Penambahan bahan			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)
0,5340	4,3	-	-	2,3

Jumlah total bahan-bahan penyusun beton yang digunakan pada setiap variasi adalah sama seperti tercantum pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Daftar Kebutuhan Total Bahan Penyusun Beton yang Digunakan

Nilai Fas	Kebutuhan Bahan yang Digunakan			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)
0,5340	25,41	53,40	66,75	13,396

Tabel 4.11 Daftar Perbandingan Bahan Penyusun Beton yang Digunakan

Nilai fas	Perbandingan Kebutuhan Bahanyang Digunakan			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)
0,5340	1	2,10	2,63	0,53

8. Proses pencetakan.

Adukan yang telah sesuai slumpnya dimasukkan ke dalam cetakan secara bertahap, pengisian beton 1/3 cetakan dan ditusuk-tusuk 25 kali dengan tongkat

baja, begitu juga tahap selanjutnya sampai cetakan penuh, kemudian ratakan permukaannya dan ketuk-ketuk setelah itu ditutup menggunakan kaca.

9. Perawatan benda uji.

Biarkan benda uji dalam cetakan selama 24 jam, letakkan pada tempat yang lembab dan bebas dari getaran. Setelah 24 jam, benda uji dilepas dari cetakannya. Untuk menjamin terjadinya proses hidrasi secara terus menerus, benda uji dapat direndam dalam air atau ditutup dengan karung basah sampai satu hari sebelum pengujian.

4.9.4 Proses pengujian benda uji

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah benda uji berumur 7, 14, 21 dan 28 hari, sedangkan pengujian ketahanan terhadap cuaca dilakukan pada benda uji berumur 28 hari dengan proses pengujian adalah sebagai berikut ini.

1. Pengujian tekan beton.

Pengujian dilakukan dengan alat uji tekan merk "*Controls*". Benda uji diletakan tepat ditengah agar penekanan dapat maksimal dengan posisi vertikal, pembebanan dilakukan secara berangsur-angsur sampai mencapai beban maksimum yaitu saat benda uji mencapai kehancuran. Kekuatan uji tekan dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum yang diterima dengan luas permukaan benda uji.

2. Pengujian modulus elastis beton.

Beban vertikal yang diberikan pada benda uji, diberikan dengan mesin tekan hidrolis. Setelah benda uji yang telah dipasang kompresor siap dalam posisi

vertikal pada tempat pengujian, pembebanan dilakukan secara berangsur-angsur dan setiap penambahan beban 10 KN dicatat hasilnya sampai mencapai beban maksimum, yaitu saat benda uji mengalami kehancuran.

3. Pengujian Ketahanan Terhadap Cuaca.

Untuk mengetahui ketahanan beton terhadap cuaca, benda uji direndam didalam larutan $MgSO_4$ dan dipanaskan dalam oven berselang-seling dan terus-menerus masing-masing 24 jam selama 12 hari.

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 pengendalian mutu pekerjaan beton, kuat tekan beton, modulus elastisitas dan ketahanan terhadap cuaca pada beton.

5.1 Hasil Penelitian

Dari pelaksanaan pengujian sebagaimana tercantum pada bab IV dengan variasi benda uji seperti pada Tabel 4.1 (lihat hal. 44), didapatkan hasil kuat tekan dan uji ketahanan terhadap cuaca. Adapun hasil tersebut diuraikan pada Tabel 5.1-5.5, dengan faktor konfersi $1 \text{ kN} = 101,971 \text{ kg}$.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 7 hari

Variasi	No	Berat jenis (gr/cm ³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm ²)	Kuat tekan Rata-rata (kg/cm ²)
V ₀	1	2,332	425	243,123	250,585
	2	2,327	450	257,090	
	3	2,346	440	251,543	
V ₁	1	2,239	400	227,466	244,023
	2	2,273	430	246,316	
	3	2,309	450	258,288	
V ₂	1	2,263	345	199,610	195,636
	2	2,247	360	206,355	
	3	2,218	320	180,942	
V ₃	1	2,245	355	204,167	195,795
	2	2,301	335	198,567	
	3	2,274	320	184,651	
V ₄	1	2,291	375	214,099	201,065
	2	2,166	356	205,425	
	3	2,179	380	183,672	

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 14 hari

Variasi	No	Berat jenis (gr/cm^3)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm^2)	Kuat tekan Rata-rata (kg/cm^2)
V ₀	1	2,358	450	262,281	281,473
	2	2,350	520	296,884	
	3	2,328	495	285,254	
V ₁	1	2,318	475	272,456	272,933
	2	2,308	470	268,327	
	3	2,338	485	278,006	
V ₂	1	2,245	450	256,919	287,108
	2	2,224	525	298,550	
	3	2,234	535	305,854	
V ₃	1	2,218	450	259,666	245,486
	2	2,189	410	231,617	
	3	2,208	430	245,175	
V ₄	1	2,159	450	249,584	255,745
	2	2,165	460	255,798	
	3	2,178	455	261,854	

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 21 hari

Variasi	No	Berat jenis (gr/cm ³)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm ²)	Kuat tekan Rata-rata (kg/cm ²)
V ₀	1	2,369	580	329,827	310,214
	2	2,355	520	297,871	
	3	2,364	525	302,944	
V ₁	1	2,386	550	315,685	317,770
	2	2,324	495	285,633	
	3	2,307	610	351,992	
V ₂	1	2,231	540	309,946	317,117
	2	2,300	545	311,520	
	3	2,242	580	329,834	
V ₃	1	2,238	475	272,637	278,056
	2	2,201	485	279,863	
	3	2,215	495	281,677	
V ₄	1	2,168	520	298,068	294,644
	2	2,165	475	269,760	
	3	2,177	550	316,105	

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 28 hari

Variasi	No	Berat jenis (gr/cm^3)	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm^2)	Kuat tekan Rata-rata (kg/cm^2)
V ₀	1	2,315	580	332,461	351,753
	2	2,344	610	347,346	
	3	2,343	655	375,452	
V ₁	1	2,352	580	331,140	338,070
	2	2,326	600	346,222	
	3	2,293	590	336,819	
V ₂	1	2,234	555	316,446	321,287
	2	2,226	575	335,815	
	3	2,264	540	311,600	
V ₃	1	2,200	545	311,985	318,538
	2	2,223	590	333,995	
	3	2,198	560	312,634	
V ₄	1	2,173	595	339,253	326,976
	2	2,169	540	307,894	
	3	2,167	580	333,791	

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Ketahanan Terhadap Cuaca

Variasi	No	Sebelum Pengujian			Berat Setelah Pengujian (gr)
		Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (gr)	
V0	1	10,31	5,76	590,5	556,7
	2	10,26	5,66	589,8	559,0
	3	10,33	5,59	587,5	554,0
	4	10,23	5,54	585,5	551,1
	5	10,09	5,69	561,9	533,0
V1	1	10,43	5,56	601,0	555,8
	2	10,62	5,68	607,0	560,5
	3	10,27	5,71	597,0	5548,4
	4	10,31	5,68	592,0	541,6
	5	10,24	5,58	583,0	538,0
V2	1	10,18	5,61	589,0	534,5
	2	10,27	5,64	578,7	528,2
	3	10,21	5,69	567,0	516,5
	4	10,13	5,69	562,1	515,5
	5	10,15	5,62	559,5	524,2
V3	1	10,33	5,56	566,3	504,0
	2	10,37	5,58	568,1	504,1
	3	10,38	5,66	567,3	505,9
	4	10,11	5,70	552,0	490,5
	5	9,79	5,76	537,8	496,1
V4	1	10,12	5,67	548,7	500,9
	2	10,09	5,54	548,4	494,4
	3	10,28	5,73	541,7	498,7
	4	10,33	5,64	548,0	501,1
	5	10,06	5,61	541,5	496,5

5.2 Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan Beton

Penelitian ini menggunakan 5 (lima) macam variasi campuran agregat kasar yaitu campuran antara agregat kasar pecahan genteng dengan batu pecah (*split*) dengan gradasi sama yaitu lolos saringan 19,0 mm dengan variasi sebagai berikut ini.

1. Variasi I, beton dengan pecahan genteng "Soka" 0% dari berat total agregat kasar .
2. Variasi II, beton dengan pecahan genteng "Soka " 25% dari berat total agregat kasar.
3. Variasi III, beton dengan pecahan genteng "Soka " 50% dari berat total agregat kasar.
4. Variasi IV, beton dengan pecahan genteng "Soka" 75% dari berat total agregat kasar.
5. Variasi V, beton dengan pecahan genteng "soka" 100% dari berat total agregat kasar.

Faktor umur yang dipergunakan dalam analisis pengendalian mutu pelaksanaan adalah nilai konversi untuk perbandingan kuat tekan pada berbagai umur untuk benda uji yang dirawat dilaboratorium dan berlaku untuk beton normal.

Perhitungan deviasi standar beton, kuat tekan beton rata-rata dapat dilihat pada tabel dan hitungan berikut ini.

Tabel 5.6 Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi I

No	Umur (hr)	Faktor umur	$f'c$ (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28} - f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,70	243,123	347,319	338,201	83,136
2	7	0,70	257,090	367,271	338,201	845,060
3	7	0,70	251,543	359,347	338,201	447,149
4	14	0,88	262,281	298,047	338,201	1612,35
5	14	0,88	269,884	337,368	338,201	0,64902
6	14	0,88	285,254	324,152	338,201	185,834
7	21	0,96	329,827	343,569	338,201	28,815
8	21	0,96	297,871	310,282	338,201	779,475
9	21	0,96	302,944	315,567	338,201	512,302
10	28	1,00	332,461	332,461	338,201	32,949
11	28	1,00	347,346	347,346	338,201	83,630
12	28	1,00	375,452	375,452	338,201	1387,63
Jumlah				4058,413		6007,9798

Perhitungan Tabel 5.6

Kuat tekan umur 28 hari (f'_{28}) = kuat tekan benda uji ($f'c$) / faktor umurKuat tekan rata-rata, (f'_{cr})

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_{28}}{N} = \frac{4058,413}{12} = 338,201 \text{ kg/cm}^2$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'_{28} - f'_{cr})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{6007,9798}{12 - 1}} = 23,37 \text{ kg/cm}^2$$

Dengan langkah seperti diatas, hasil perhitungan kuat tekan beton rata-rata dan deviasi standart pada variasi campuran agregat kasar lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Nilai Deviasi Standar

No	Variasi campuran agregat kasar	Deviasi standar (kg/cm ²)
1	V0	23,37
2	V1	27,01
3	V2	27,12
4	V3	20,28
5	V4	23,01

5.3 Hasil Pengujian

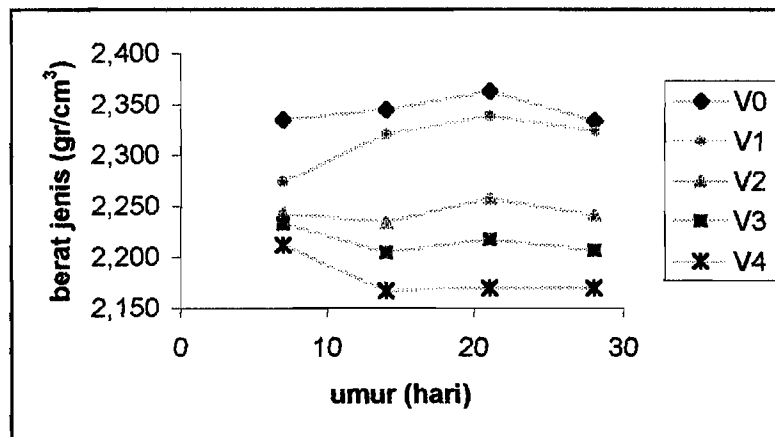
Untuk memperjelas penyajian hasil penelitian, berikut ini akan diuraikan ringkasan hasil pengujian dari berat volume, kuat tekan, modulus elastisitas dan ketahanan terhadap cuaca yang disajikan dalam bentuk tabel dan gambar grafik.

5.3.1 Berat Jenis Beton

Sebagaimana telah disebutkan dalam tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik fisik beton. Diantaranya yaitu berat jenis beton yang dihasilkan termasuk kedalam golongan beton normal ataukah beton ringan seperti yang diperkirakan. Adapun hasil dari penelitian tersebut 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)			
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
V0	2,335	2,345	2,363	2,334
V1	2,274	2,321	2,339	2,324
V2	2,243	2,234	2,258	2,241
V3	2,273	2,205	2,218	2,207
V4	2,212	2,167	2,170	2,170

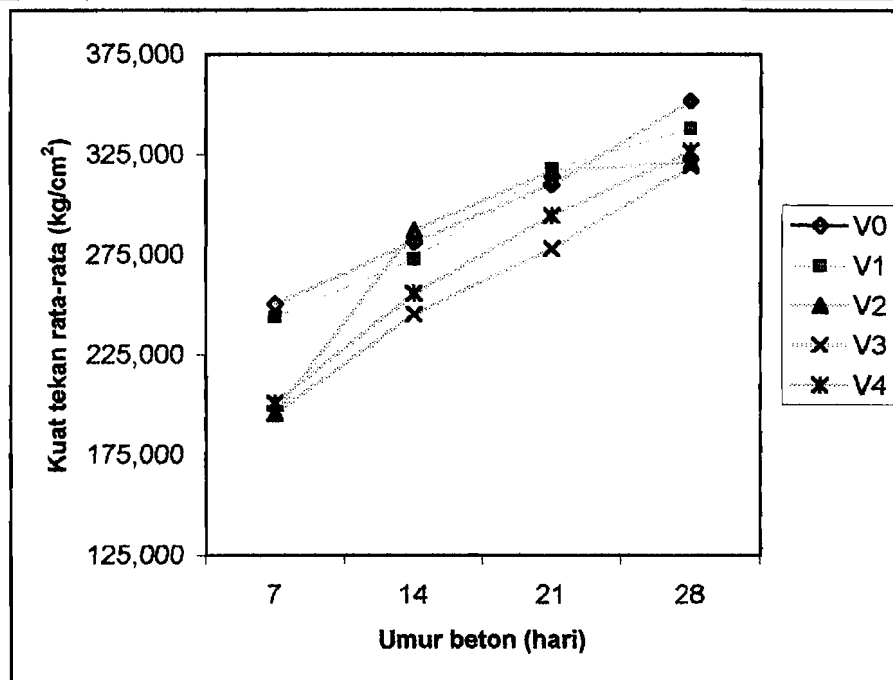
**Gambar 5.1** Grafik berat jenis rata-rata beton

5.3.2 Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi campuran antara pecahan genteng dan split diatas, pada tabel dan grafik berikut ini dapat dilihat laju kenaikan kuat tekan rata-rata dengan variasi umur 7, 14, 21 dan 28 hari dari masing-masing variasi .

Tabel 5.9 Kuat Tekan Rata-rata Beton

Variasi	Kuat tekan rata-rata beton umur (kg/cm ²)			
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
V0	250,585	281,473	310,214	351,753
V1	244,023	272,933	317,770	338,070
V2	195,636	287,108	317,117	321,287
V3	195,795	245,486	278,059	319,538
V4	201,065	255,745	294,644	326,976

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

5.3.3 Modulus Elastis 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

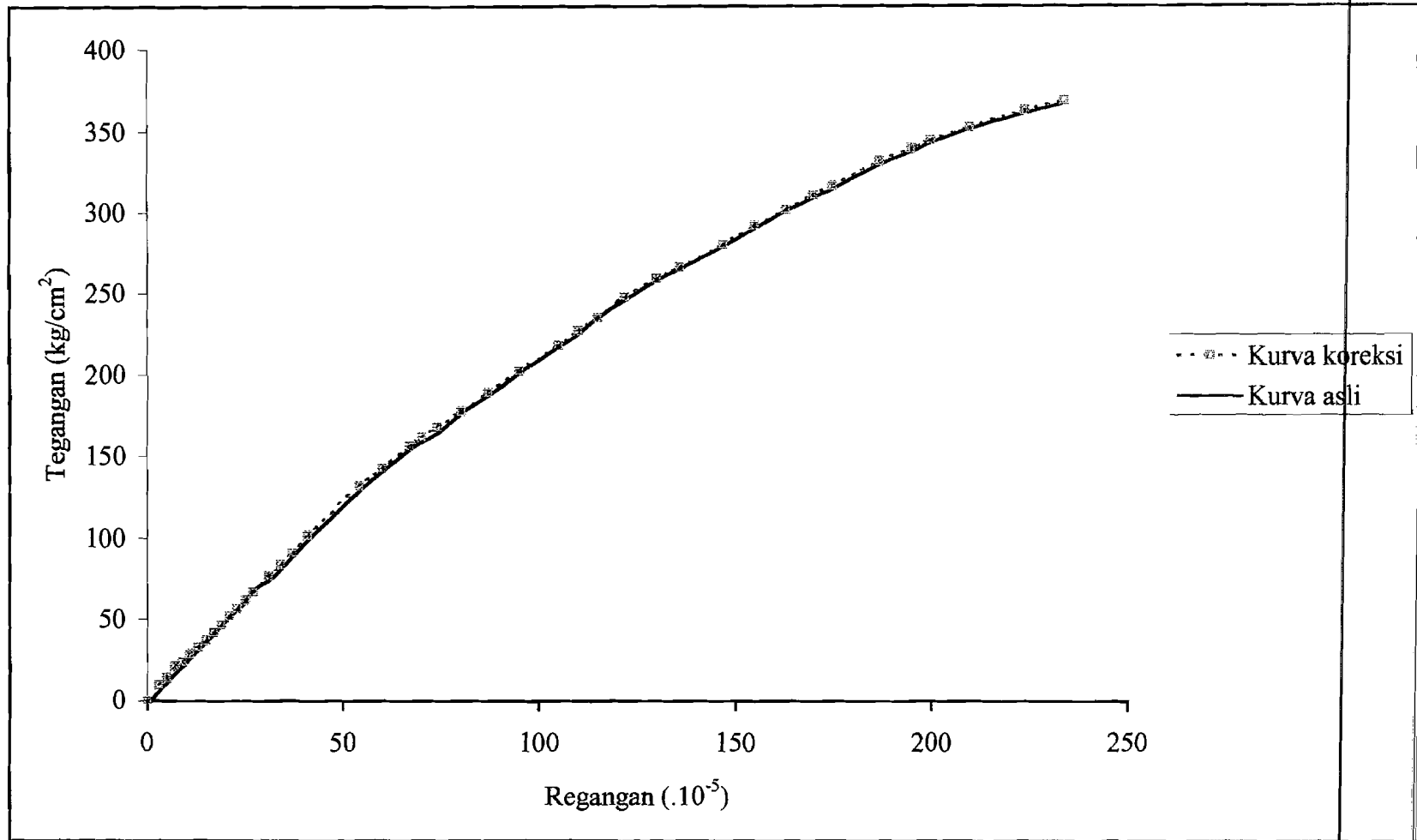
kerikil dan pecahan genteng soka dapat dilihat pada Tabel 5.10 serta Gambar 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 dan 5.7.

Tabel 5.10 Tegangan dan regangan beton pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari dengan 5 (lima) variasi.

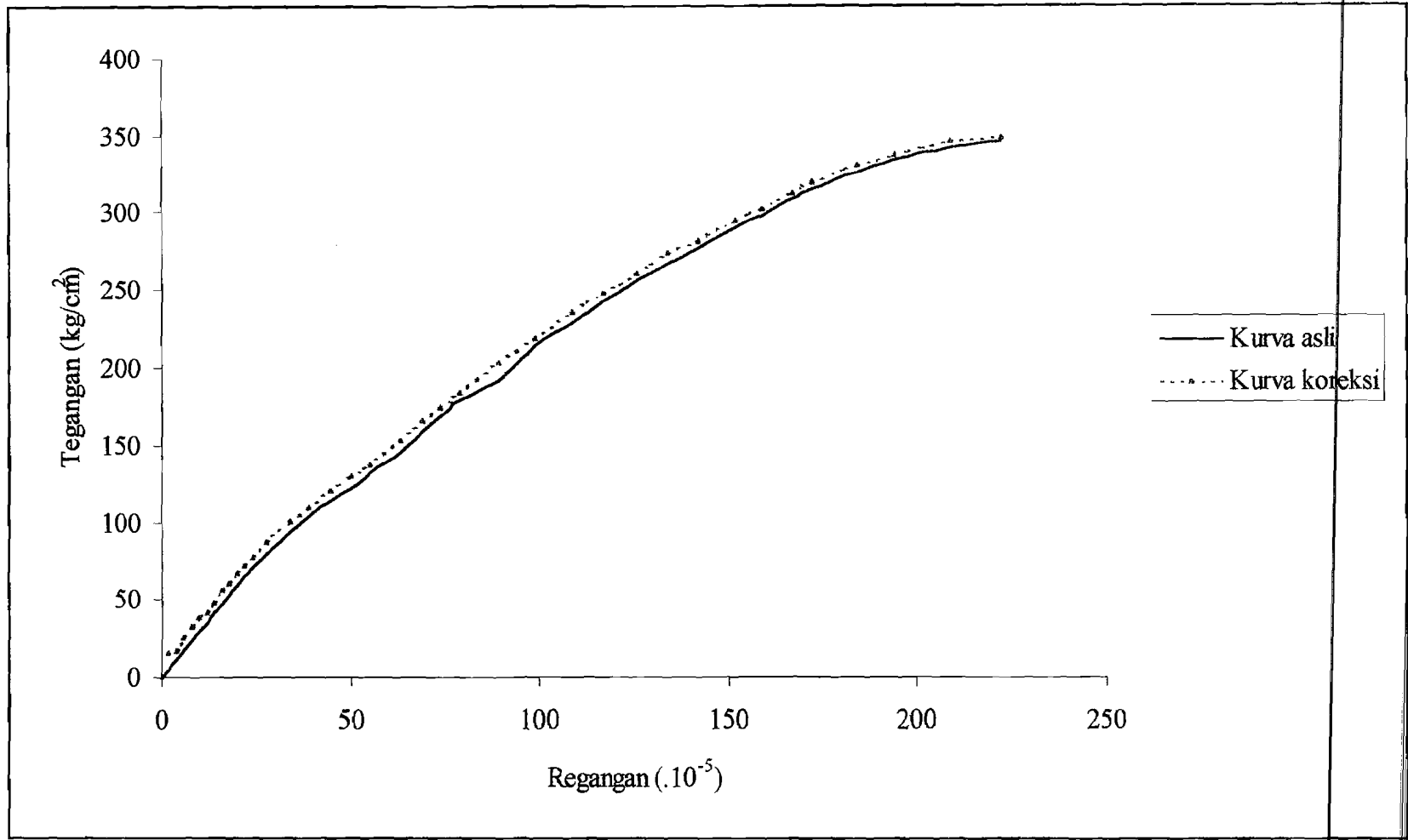
Variasi	Tegangan (kg/cm ²)	Regangan (1.10 ⁻⁵)
V0	375,452	251,3228
V1	346,222	222,4436
V2	316,446	260,8983
V3	332,864	267,3267
V4	328,036	279,7203

Sesuai dengan teori elastisitas, pada umumnya kemiringan kurva pada tahap awal menggambarkan nilai modulus elastisitas bahan (Dipohusodo, 1994).

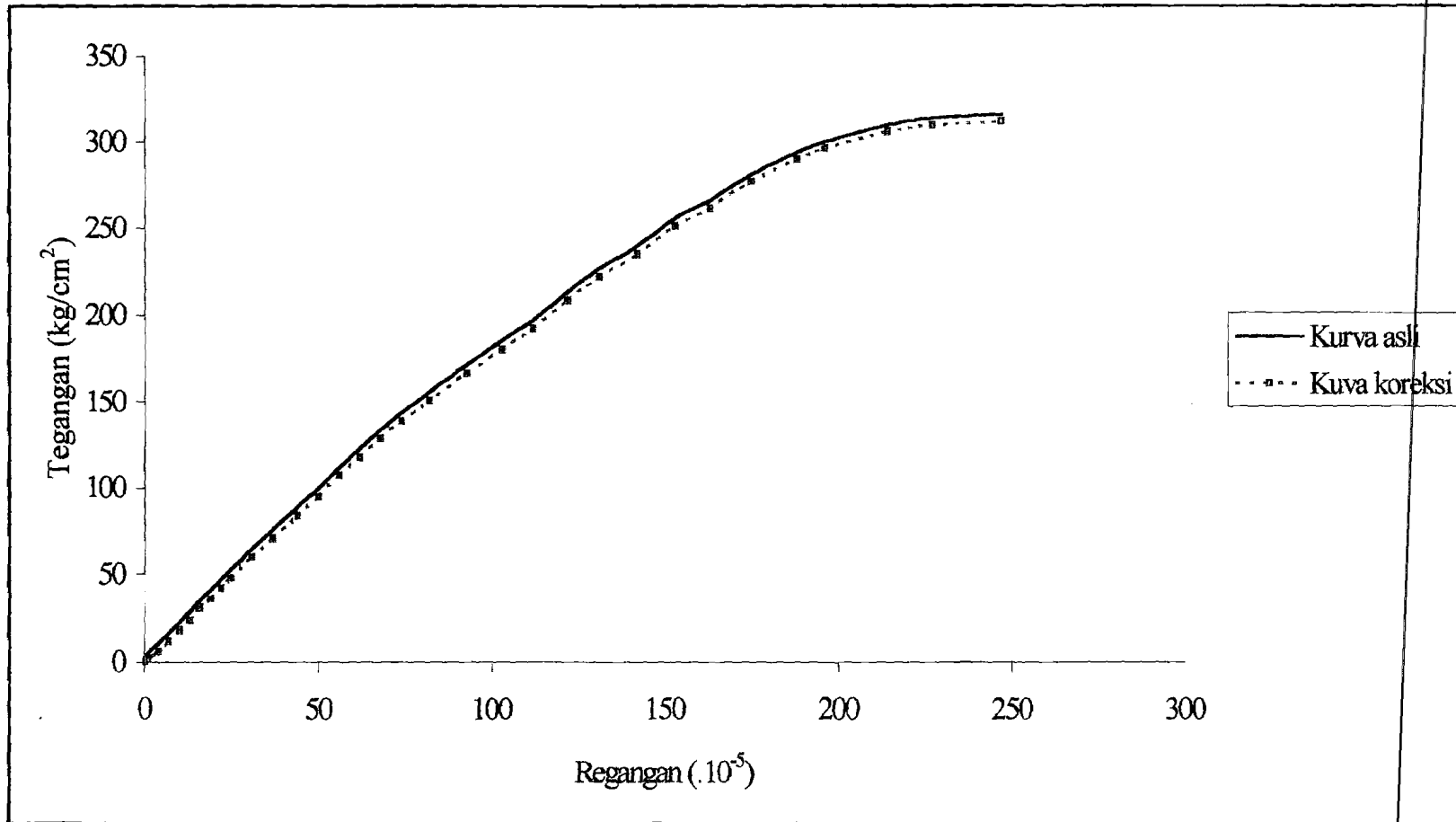
Adapun grafik regangan-tegangan beton umur 28 hari dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 5.3-5.7.



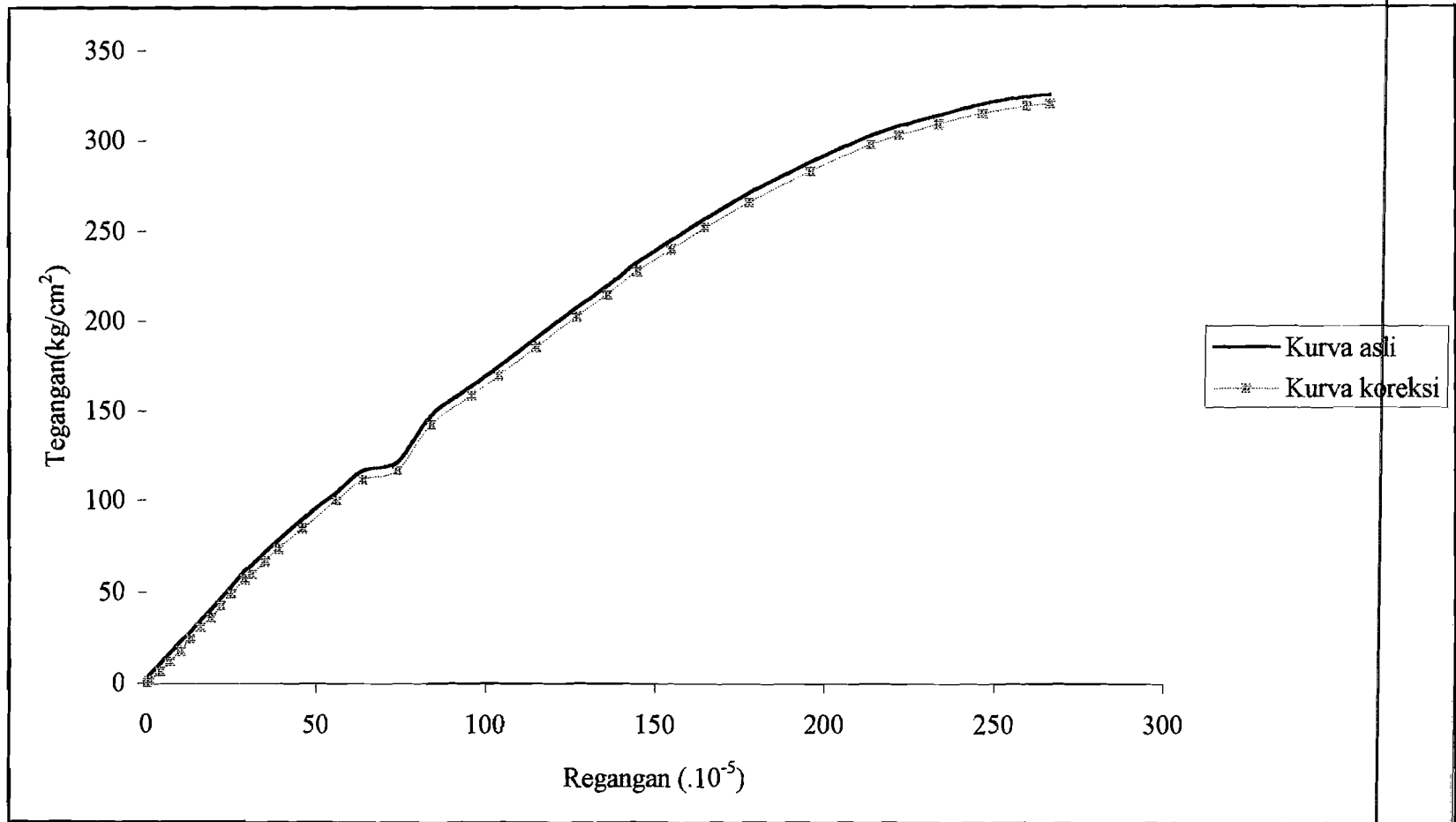
Gambar 5.3 Grafik regangan-tegangan variasi-1 (V0)



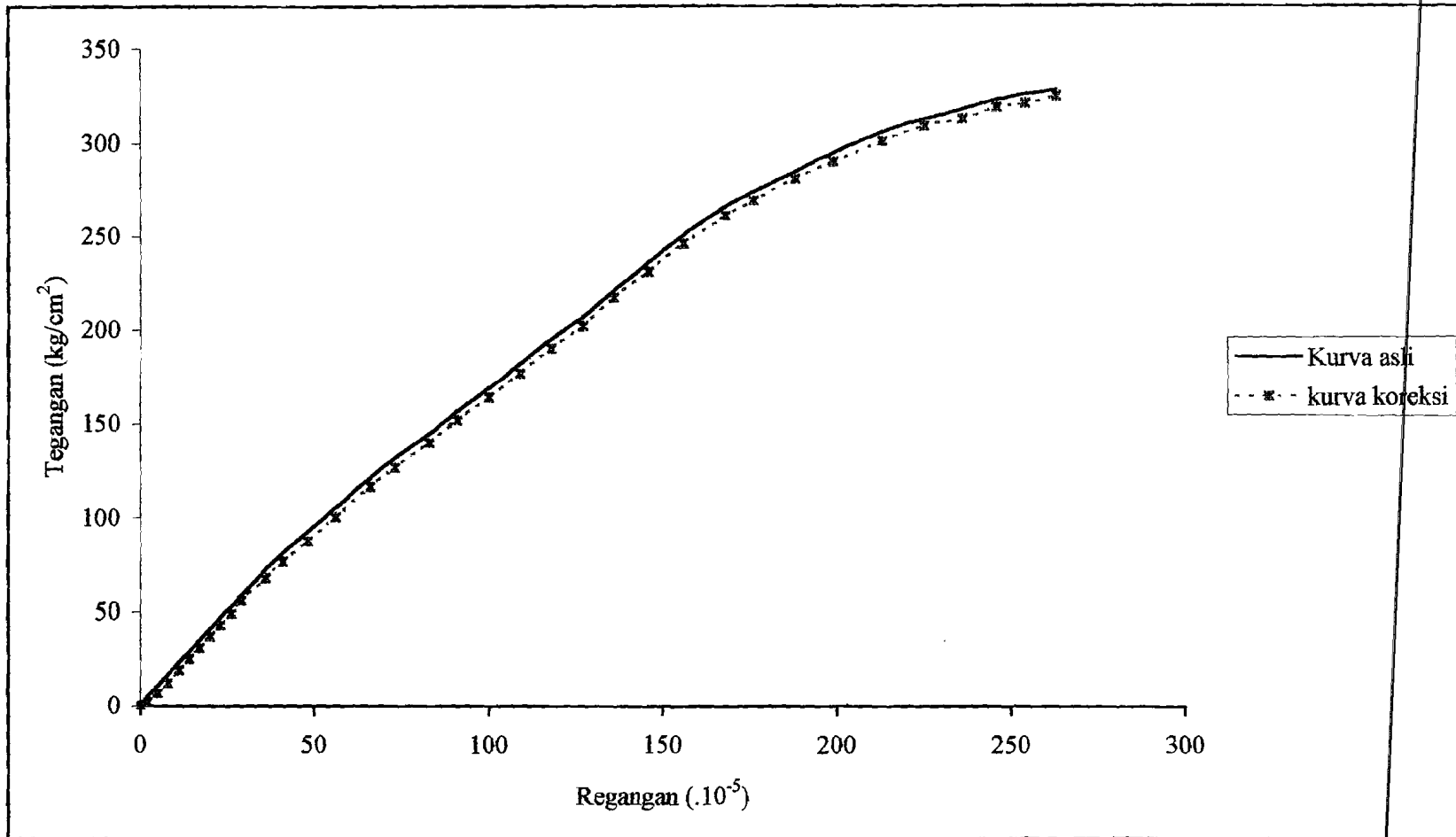
Gambar 5.4 grafik regangan-tegangan variasi-2 (V1)



Gambar 5.5 Grafik regangan-tegangan variasi-3 (V2)



Gambar 5.6 Grafik regangan-t4engan variasi-4 (V3)



Gambar 5.7 Grafik regangan-tegangan variasi-5 (V4)

Dari Gambar 5.3-5.7 dapat dihitung besarnya modulus elastis beton umur 28 hari untuk setiap variasi seperti berikut ini.

1. Variasi-1 (V0)

Dari Gambar 5.3 diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 1.10^{-4}$ (geser ke kiri) dan didapat batas sebanding, $\sigma_p = 74,517 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 31,4153.10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{74,517}{31,4153.10^{-5}} = 23,720.10^4 \text{ kg/cm}^2$$

2. Variasi-2 (V1)

Dari Gambar 5.4 diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,25.10^{-5}$ (geser ke kiri), dan didapat batas sebanding, $\sigma_p = 74,221 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 29,8805.10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{74,221}{29,8805.10^{-5}} = 24,8393.10^4 \text{ kg/cm}^2$$

3. Variasi-3 (V2)

Dari Gambar 5.5 diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 1,5.10^{-5}$ (geser ke kanan), dan didapat batas sebanding,

$$\sigma_p = 51,316 \text{ kg/cm}^2$$

$$\epsilon_p = 23,1176.10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{51,316}{23,1176.10^{-5}} = 22,1978.10^4 \text{ kg/cm}^2$$

4. Variasi-4 (V3)

Dari Gambar 5.6 didapat koreksi sebesar $x = 1,5 \cdot 10^{-5}$ (geser ke kanan), dan didapat batas sebanding, $\sigma_p = 50,776 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 25,4125 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{50,776}{25,4125 \cdot 10^{-5}} = 19,9807 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

5. Variasi-5 (V4)

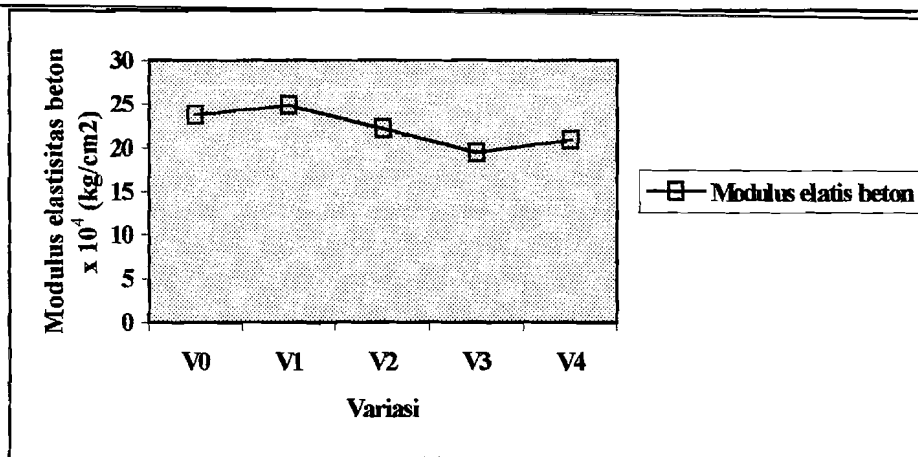
Dari Gambar 5.7 didapat nilai koreksi (x) = $0,5 \cdot 10^{-5}$ (geser ke kanan), dan diperoleh batas sebanding, $\sigma_p = 63,305 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 30,3032 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{63,305}{30,3032 \cdot 10^{-5}} = 20,8905 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 5.11 Modulus Elastis Beton umur 28 hari

Variasi	Modulus Elastis Beton $\times 10^4 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
V0	23,7201
V1	34,8393
V2	22,1978
V3	19,4125
V4	20,8905



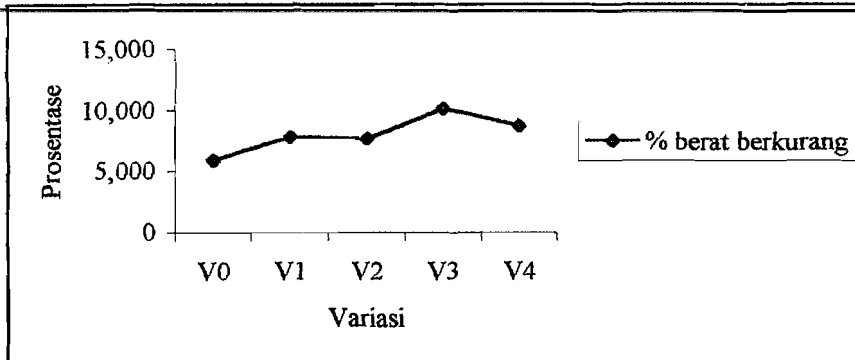
Gambar 5.8 Grafik modulus elastis beton umur 28 hari

5.3.4 Ketahanan Terhadap Cuaca Pada Beton

Pengujian ketahanan terhadap cuaca pada beton dilakukan terhadap beton umur 28 hari, dengan sampel sebanyak 5 (lima) buah untuk setiap variasi. Adapun hasil dari pengujian ketahanan terhadap cuaca pada beton tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Prosentasi rata-rata hasil uji ketahanan terhadap cuaca pada beton

Variasi	Berat rata-rata (gr)		Rata-rata berat berkurang (%)
	awal	akhir	
V0	583,04	550,76	5,872
V1	595,80	545,06	7,844
V2	567,26	523,78	7,670
V3	558,30	500,21	10,142
V4	545,66	498,32	8,706



Gambar 5.9 Grafik hasil ketahanan cuaca pada beton

5.4 Pembahasan

Sebelum ditarik 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 mutu pekerjaan, berat volume beton, kuat tekan beton, modulus elastis beton, ketahanan beton terhadap cuaca serta pelaksanaan pekerjaan.

5.4.1 Pengendalian Mutu Pekerjaan

Beton dari hasil pengujian perlu diperiksa sebelumnya dengan perkiraan variasi kuat tekan beton dari keseluruhan sampel yang diuji. Semakin baik mutu pelaksanaan, maka akan semakin kecil nilai deviasi standarnya. Untuk itu sebelum melaksanakan seluruh rangkaian penelitian perlu memperhatikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil yang akan dicapai.

Jumlah benda uji yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 12 buah untuk setiap variasi, yang seharusnya 20 buah sebagaimana yang disyaratkan.

Walau demikian, karena dalam penelitian menggunakan metode takaran coba-coba tanpa perencanaan mutu beton dan standar deviasi sebelumnya, maka penggunaan rumus (3.2) mengenai deviasi standar masih dapat digunakan untuk mengetahui pengendalian mutu pekerjaan ini.

Dari hasil penelitian diperoleh standar deviasi pada 5 (lima) macam variasi agregat campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka" yaitu untuk variasi -1 (V0) sebesar $23,37 \text{ kg/cm}^2$, variasi-2 (V1) sebesar $27,01 \text{ kg/cm}^2$, variasi-3 (V2) sebesar $27,12 \text{ kg/cm}^2$, variasi-4 (V3) sebesar $20,28 \text{ kg/cm}^2$, variasi-5 (V4) sebesar $23,01 \text{ kg/cm}^2$. Perbedaan nilai standar deviasi yang dihasilkan dalam penelitian ini disebabkan perbedaan waktu pengerjaan dan kondisi cuaca yang tidak sama.

Nilai standar deviasi hasil penelitian ini apabila disesuaikan dengan nilai-nilai yang terdapat pada Tabel 3.2, maka mutu pelaksanaan pekerjaan pada penelitian ini dapat dikategorikan memuaskan karena kurang dari 28 kg/cm^2 .

5.4.2 Berat Jenis Beton

Berat jenis beton sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan-bahan penyusunnya. Sehingga apabila bahan penyusunnya memiliki berat jenis yang besar, maka beton yang dihasilkan akan memiliki berat jenis yang besar pula dan demikian juga sebaliknya.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini, beton dengan agregat variasi campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka" memiliki berat jenis rata-rata dari semua umurnya yaitu untuk V0 (100%kerikil) sebesar $2,348 \text{ gr/cm}^3$, V-1 (75% kerikil-25% genteng) sebesar $2,315 \text{ gr/cm}^3$, V-2 (50%kerikil - 50%genteng) sebesar $2,244 \text{ gr/cm}^3$, V-3 (25%kerikil -

75%genteng) sebesar $2,226 \text{ gr/cm}^3$, V-4 (100% genteng) sebesar $2,180 \text{ gr/cm}^3$, sebagaimana terlihat pada Tabel 6.8 dan Gambar 6.1. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa terjadi perubahan yang begitu nyata, meskipun mengalami penurunan pada setiap variasinya. Sehingga beton yang dihasilkan dalam penelitian ini tidak dapat dikategorikan ke dalam beton ringan yang memiliki berat jenis berkisar antara 1,4 sampai $2,0 \text{ gr/cm}^3$ (Neville, 1975).

5.4.3 Kuat Tekan Beton

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

Dalam penelitian ini nilai kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan dari variasi-1 (V0) dengan menggunakan agregat kasar kerikil 100% digunakan sebagai pembanding untuk variasi-variasi berikutnya.

Kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan pada variasi-2 (V1), yaitu dengan penggunaan pecahan genteng "Soka" sebanyak 25% dari kebutuhan agregat kasar, mengalami penurunan nilai kuat tekan rata-ratanya bila dibandingkan dengan kuat tekan rata-rata beton pada variasi-1 (V0). Begitu juga pada variasi-3 (V2) yang menggunakan agregat campuran 50% kerikil dan 50% pecahan genteng "Soka" serta pada variasi-4 (V3) yang mengurangi kebutuhan kerikil sampai 25% dan menggunakan pecahan genteng "Soka" sebanyak 75%, dan juga pada variasi-5 (V4) yang menggunakan pecahan genteng "Soka" sebanyak 100%, didapatkan nilai kuat tekan rata-ratanya mengalami penurunan bila dibandingkan dengan nilai kuat tekan rata-rata variasi sebelumnya. Penurunan nilai kuat tekan rata-rata tersebut sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.2.

Dari Tabel 5.9 dan Gambar 5.2 dapat dilihat pula bahwa beton yang dibuat dengan menggunakan 100% pecahan genteng "Soka" sebagai agregat kasarnya, nilai kuat tekan rata-rata yang dihasilkan lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai kuat tekan rata-rata beton yang menggunakan 75% pecahan genteng "Soka" dalam agregat kasarnya dan bahkan mendekati nilai kuat tekan rata-rata pada penggunaan pecahan genteng "Soka" sebanyak 50% dalam agregat kasarnya.

Kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan dari penggunaan campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka" sebagai agregat kasarnya dengan menggunakan metode coba-coba dan nilai slump sebesar 5cm mengalami penurunan. Penurunan nilai kuat tekan rata-rata pada beton tersebut dimungkinkan antara lain disebabkan oleh hal-hal seperti berikut ini.

1. Pada variasi V1, V2 dan V3 menggunakan agregat kasar berupa campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka" yang masing-masing memiliki berat jenis yang berbeda yaitu $2,5 \text{ gr/cm}^3$ dan $2,22 \text{ gr/cm}^3$. Selain itu tingkat keausan pecahan genteng "Soka" yang lebih besar dibandingkan dengan kerikil menjadikan kerikil memiliki kekuatan yang lebih besar dibanding pecahan genteng "Soka". Karena pada umumnya penyusun beton 60%-80% berupa agregat kasar, sehingga penggunaan material dengan tingkat keausan yang tinggi atau kekuatan yang rendah akan menyebabkan kuat tekan rata-rata pada beton yang dihasilkan jadi menurun. Semakin banyak penggunaan pecahan genteng pada campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka", menyebabkan kecenderungan akan semakin menurun kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan.

2. Pada variasi-5 (V4) yang menggunakan pecahan genteng “soka” (tanpa kerikil) sebagai agregat kasarnya, memiliki nilai kuat tekan rata-rata yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan pecahan genteng “Soka” sebanyak 75% dan bahkan hampir sebanding pada penggunaan pecahan genteng “Soka” sebanyak 50%. Hal tersebut dimungkinkan adanya penyebaran gradasi pecahan genteng “Soka” yang tidak merata, yaitu terjadi pemisahan antara ukuran kecil dan besar pada pecahan genteng yang disebabkan tidak dilakukan pencampuran secara merata terlebih dahulu sebelum dilakukan pembuatan benda uji.

Penurunan nilai kuat tekan beton untuk setiap umur pada semua variasi dapat dilihat pada Tabel 5.1- 5.4.

5.4.4 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas merupakan tolok ukur sifat elastis suatu bahan, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang.

Kurva regangan-tegangan berbentuk lengkung menandakan nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangannya pada tegangan tinggi, sebagaimana terlihat pada gambar 5.3 – 5.7. Hal ini berarti beton tidak sepenuhnya bersifat elastis.

Selain nilai modulus elastis yang diperoleh dari hitungan secara grafis, dapat juga nilai modulus elastis dihitung dengan menggunakan rumus empiris yang diberikan oleh ACI-8.5.1 (rumus 3.5), sebagaimana telah disebutkan dalam

landasan teori. Adapun nilai modulus elastis dari masing-masing variasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.13 Modulus elastis pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari

Variasi	Kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)	Modulus elastis (x 10 ⁴ kg/cm ²)	
		Grafis	Empiris
V0	351,753	23,720	29,294
V1	338,070	24,839	28,282
V2	321,287	22,198	26,152
V3	318,538	19,981	25,351
V4	326,976	20,891	24,855

Perbedaan hasil perhitungan secara grafis dengan menggunakan rumus empiris dapat terjadi, walaupun pada perhitungan secara empiris berat volume beton diikutkan, tetapi tidak memperhitungkan kekasaran benda uji. Pada kenyataannya kekasaran permukaan akan mempengaruhi kecepatan retak, dan retak akan menurunkan kekakuan hingga mengakibatkan tidak liniernya data yang diperoleh dari pembacaan dan akan mempengaruhi kurva tegangan-regangan beton.

Kelemahan lain yang menyebabkan tidak digunakannya rumus empiris adalah karena nilai modulus selain dipengaruhi oleh beban, juga dipengaruhi oleh kelembaban benda uji beton, faktor air semen (fas), umur beton dan temperatur (Nawy, 1985). Oleh karena itu wajar kiranya apabila modulus elastis yang diperoleh secara grafis lebih rendah akan tetapi lebih mendekati sempurna dan lebih cermat.

5.4.4 Pelaksanaan Pekerjaan

Pada penelitian yang dilaksanakan dilaboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia ini menemukan beberapa kendala seperti hal-hal berikut ini.

1. Jumlah cetakan yang sangat terbatas, sehingga diperlukan waktu yang lebih lama.
2. Kapasitas mixer yang terbatas sehingga untuk membuat adukan beton perlu lebih hati-hati dan waktu yang lebih lama.
3. Kondisi cuaca pada saat penelitian yang terus menerus hujan, sehingga sulit untuk mendapatkan material yang SSD.
4. Sangat sulitnya mendapatkan nilai *slump* sebesar 5cm karena serapan air pecahan genteng "Soka" yang cukup besar serta basahnya material yang lain disebabkan penyimpanannya yang tidak terlindung dari hujan.

Kendala-kandala tersebut dapat sedikit diatasi dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut ini.

1. Pada pencampuran adukan beton dilakukan sedikit demi sedikit, dan setelah diperkirakan adukan benar-benar rata, adukan dicampur ulang sebelum akhirnya dicetak dalam cetakan silinder.
2. Untuk mendapatkan nilai *slump* sesuai dengan perencanaan, saat pencampuran adukan beton perlu menambahkan faktor air semen sampai nilai *slump* rencana didapat.

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 penelitian ini, penulis mendapatkan kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Beton yang dibuat dengan pecahan genteng "Soka" sebagai agregat kasarnya, memiliki berat jenis rata-rata $2,180 \text{ gr/cm}^3$. Sehingga beton tersebut tidak termasuk dalam kategori beton ringan sebagaimana diperkirakan sebelumnya.
2. Beton yang dibuat dengan memasukkan pecahan genteng "Soka" untuk menggantikan sebagian pemakaian kerikil, menyebabkan terjadinya penurunan kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan.
3. Pada penelitian ini kondisi optimum didapatkan pada variasi-2 (V1), yaitu pada penggunaan agregat kasar 75% kerikil dan 25% pecahan genteng "Soka".
4. Kuat tekan rata-rata yang dihasilkan beton umur 28 hari dengan agregat kasar pecahan genteng "Soka" 100 % adalah $326,976 \text{ kg/cm}^2$ (diatas 170 kg/cm^2), sehingga beton tersebut dapat digunakan sebagai beton struktur.

5. Modulus elastisitas yang dihasilkan beton dengan agregat variasi campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka" lebih rendah dibanding dengan beton yang menggunakan agregat normal.
6. Beton dengan agregat variasi campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka" masih memiliki ketahanan terhadap cuaca yang tidak begitu jauh dibanding dengan beton yang menggunakan agregat normal, karena berat yang berkurang setelah dilakukan pengujian ketahanan terhadap cuaca masih di bawah syarat yang ditentukan yaitu 18%.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, penulis dapat memberikan saran-saran yang diharapkan dapat berguna pada penelitian selanjutnya sebagai berikut ini.

1. Perlu ada penelitian seperti pada penelitian ini, tetapi dengan penambahan pecahan genteng sebanyak 5% atau 10% sebagai pengganti kerikil pada setiap variasi, untuk mendapatkan kondisi campuran antara kerikil dan pecahan genteng yang paling optimum.
2. Selain menggunakan metode coba-coba dalam perencanaan campuran dan nilai slump 5 cm, perlu ada penelitian dengan variasi yang sama tetapi dengan menggunakan metode perencanaan campuran yang lain.
3. Dengan variasi yang sama perlu diteliti juga mengenai kemampuan beton menahan suhu atau besar permeabilitas yang dimiliki selain penelitian yang telah dilaksanakan.

-
- 4 Selain digunakan sebagai agregat kasar, perlu diteliti pecahan genteng "Soka" yang digunakan sebagai pengganti pasir dengan menghaluskan pecahan genteng "Soka" tersebut.
 - 5 Perlu ada penelitian seperti pada penelitian ini, akan tetapi dengan variasi gradasi pada kerikil ataupun pecahan genteng "Soka".

DAFTAR PUSTAKA

- Antono, A., 1971, **DIKTAT TEKNOLOGI BETON**, FT UGM, Yogyakarta.
- Dipohusodo, I., 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ferguson, Phil. M., 1986, **DASAR-DASAR BETON BERTULANG (versi S1)**, Edisi ke-empat, Penerbit Erlangga.
- Gunawan, A. Y. dan Y. Yulizar, 1987, **PENUNTUN PRAKTIS PRAKTIKUM PADA LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**, PT. Karya Unipres, Jakarta.
- I Ketut, 1995, **PENGARUH KONSENTRASI SERAT TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON DENGAN AGREGAT KASAR PECAHAN GENTENG**, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Kusuma, G.H. dan W.C. Vis, 1995, **DASAR-DASAR PERANCANAAN BETON BERTULANG**, Seri beton 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Murdock, L. J. dan K. M. Brook, 1986, **BAHAN DAN PRAKTEK BETON**, (diterjemahkan oleh Ir. Stefanus Hendarko) Edisi ke empat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Nawy, E.G., 1985, **BETON BERTULANG (SUATU PENDEKATAN DASAR)**, Penerjemah Universitas Katolik Parahyangan, PT. ERESKO, IKAPI.
- Neville, A.M., 1975, **PROPERTIES OF CONCRETE**, Second edition, The English Language Book Society and Pitman Publishing, London.
- Prawignyo, W., 1992, **TINJAUAN KUAT TEKAN PADA BETON RINGAN DENGAN AGREGAT KASAR PECAHAN GENTENG "SOKA"**, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Rahmat, B., 1993, **KUAT LENTUR DAN DAKTILITAS BALOK BETON DENGAN AGREGAT KASAR PECAHAN GENTENG "SOKA"**, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Sadji, 1997, **AGREGAT HALUS DAN KASAR**, Kursus singkat, Teknologi Beton dan Praktikum, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya.
- Tjokrodimulyo, K., 1992, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, UGM, Yogyakarta.
- Wang, Chu-Kia dan C. G. Salmon, 1995, **DESAIN BETON BERTULANG**, Jilid 1, Edisi ke-empat, Penerbit Erlangga, Jakarta.

LAMPIRAN



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

L-1

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASITEST)

AASHTO T 96 - 77

Contoh dari : Soka, Kebumen, Jateng Dikerjakan Oleh : _____
Jenis Contoh : Limbah Genteng Soka Sukanto.
DI TEST TANGGAL : 13 Desember 1999 DIPERIKSA : _____
Untuk Proyek : Penelitian Tugas Akhir (T.A)

JENIS GRADASI		B	
SARINGAN		BENDA UJI	
LOLOS	TERTAHAN	I	II
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5mm (2,5")	50,8 mm (2")		
50,8mm (2")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
25,4mm (1")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500 gram	
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/4")	2500 gram	
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")		
06,3 mm (1/4")	4,75 mm (No 4)		
4,75 mm (No 4)	2,36 mm (No 8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gram	
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		2742 gram	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		45,16 %	

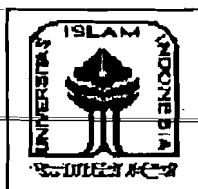
Yogyakarta, 14 Desember 1999

a/n Kepala Lab Jalan Raya FT. UII



Sukanto HM.

Laboran.



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

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

DATA PEMERIKSAAN
GRADASI AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : AGREGAT HALUS
 Nama Benda uji : PASIR
 Asal : PROGO
 Keperluan : REKONSTRUKSI
TUGAS AKHIR

Diperiksa oleh :
 1) _____
 2) _____

Tanggal : 11 DES 1999

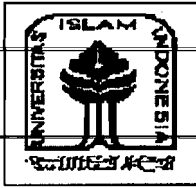
ALAT - ALAT :

1. Timbangan kapaitas 20 kg
2. Mesin penggetar / mesin ayak
3. Saringan 1 (satu) set (40, 20, 10, 4.80, 2.40, 1.20, 0.60, 0.30, 0.15, pan) mm
4. Sikat baja (Kasar / halus)
5. Kuas , Lap kaos
6. Piring, serok . dll

LUBANG AYAKAN (mm)	BERAT TERTINGGAL (gram)		BERAT TERTINGGAL (%)		BERAT TERTINGGAL KUMULATIF	
	I	II	I	II	I	II
PERCOBAAN KE :						
40	.....	.....	.....	.....	.....	.....
20	.....	.....	.....	.....	.....	.....
10	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4.80	0..	0..	.....	.....	.....	.....
2.40	97,0	100,5	4,545	4,709	4,545	4,709
1.20	288,0	200,5	18,296	13,613	17,952	18,206
0.60	581,5	570,0	27,249	28,710	45,201	44,916
0.30	620,5	617,5	29,077	28,936	74,278	73,852
0.15	453,5	441,0	21,251	20,665	95,529	94,517
SISA	93,5	114,5	4,381	5,366		
Jumlah	2134,0	2134,0	100,000	100,000	237,416	236,200
Jumlah rata-rata	.....	.....	.....	.....	236,808	

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{100}{236,808} = 2,368$$

100
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII


LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta
**DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Jenis Benda Uji : AGREGAT HALUS
 Nama Benda uji : PASIR
 Asal : _____
 Keperluan : RENELITIAN
TUGAS AKHIR

Diperiksa oleh :
 1) FATIKHU RAHMAN
 2) R. TEGUH WIBOWO

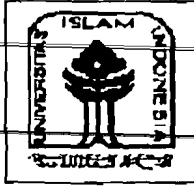
Tanggal : 16 DES 1999

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BEDA UJI II
Berat Agregat (W)	..400..... Gram	..400..... Gram
Gelas ukur + Air (V1)	..500..... Cc	..500..... Cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	..650..... Cc	..650..... Cc
BERAT JENIS (BJ) = $\frac{W}{V2 - v1}$	..2,667.....	..2,667.....
BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA	..2,667.....	

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Yogyakarta
FAKULTAS TEKNIK UJI


LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta
**DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

Jenis Benda Uji : AGREGAT KASAR Diperiksa oleh :
 Nama Benda uji : KERIKIL 1) _____
 Asal : PRGO 2) _____
 Keperluan : PENEHTIAN Tanggal : _____
TUGAS AKHIR

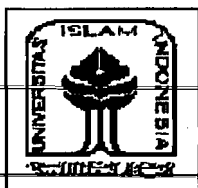
ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat (W)	<u>..200... Gram</u>	<u>..200... Gram</u>
Gelas ukur + Air (V1)	<u>..500.... Cc</u>	<u>..500... Cc</u>
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	<u>..880.... Cc</u>	<u>..580... Cc</u>
BERAT JENIS (BJ) = $\frac{W}{V2 - v1}$	<u>...2,150</u>	<u>...2,150</u>
BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA	<u>...2,150</u>	

Yogyakarta, _____

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL


LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta
**DATA PEMERIKSAAN
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR**

Jenis Benda Uji : AGREGAT KASAR Diperiksa oleh :
 Nama Benda uji : KERIKIL 1) _____
 Asal : PROGO 2) _____
 Keperluan : PENELITIAN Tanggal : _____
TUGAS AKHIR

ALAT - ALAT

1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan silinder ($\varnothing 15 \times t 30$) cm
3. Tongkat penumbuk $\varnothing 16$ mm panjang 60 cm
4. Serok /cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	5,4535 Kg	5,4535 Kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	12,780 Kg	12,830 Kg
Volume silinder (V) $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,3014 \times 10^{-3} \text{ M}^3$	$5,3014 \times 10^{-3} \text{ M}^3$
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	1384,993	1391,425
Berat Volume Agregat Rata - rata	1386,709	

Yogyakarta, _____

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

HASIL KUAT DESAK SILINDER BETON

NO. / / /

ngirim :
 perluan : TUBAS AKHIR

Benda uji asal :
 Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm)		Luas (cm ²)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket
	DIAMETER	x TINGGI								
1.	15,065	x 30,07	178,249	12,503	04-1-2000	11-1-2000		425	243,123	umur 7 hr
2.	15,075	x 30,07	178,486	12,472	04-1-2000	11-1-2000		450	257,090	umur 7 hr
3.	15,070	x 30,03	178,368	12,563	04-1-2000	11-1-2000		440	251,543	umur 7 hr
4.	15,110	x 30,12	179,316	12,087	04-1-2000	11-2-2000		460	227,466	umur 7 hr
5.	15,055	x 30,06	178,013	12,133	04-1-2000	11-2-2000		430	246,316	umur 7 hr
6.	15,040	x 30,07	177,658	12,327	04-1-2000	11-2-2000		450	258,288	umur 7 hr
7.	15,025	x 30,05	177,304	11,947	05-1-2000	12-2-2000		355	198,567	umur 7 hr
8.	14,800	x 30,20	172,034	11,928	05-1-2000	12-2-2000		335	184,651	umur 7 hr
9.	15,000	x 30,20	176,715	12,131	05-1-2000	12-2-2000		320	214,089	umur 7 hr
10.	14,98	x 29,94	176,243	11,990	06-1-2000	13-2-2000		345	199,610	umur 7 hr
11.	15,05	x 30,14	177,895	12,045	06-1-2000	13-2-2000		360	206,355	umur 7 hr
12.	15,135	x 30,21	180,338	12,055	06-1-2000	13-2-2000		320	180,942	umur 7 hr
13.	15,080	x 30,045	178,605	11,701	11-1-2000	18-1-2000		375	214,089	umur 7 hr
14.	15,000	x 30,21	176,715	11,566	11-1-2000	18-1-2000		356	205,426	umur 7 hr
15.	15,040	x 30,06	177,658	11,616	11-1-2000	18-1-2000		380	183,672	umur 7 hr

eterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²
 - Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm²

Yogyakarta,
 Kepala Bagian Lab. BKT.FT. UII
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

HASIL KUAT DESAK SILINDER BETON

NO. / / /

Asal :
 Tujuan : TUGAS AKHIR

Benda uji asal :
 Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm)		Luas (cm ²)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket
	DIAMETER	TINGGI								
1.	15,09	x 30,37	178,841	12,800	04-1-2000	18-1-2000		460	262,281	14 hari
2.	15,08	x 30,35	176,605	12,585	04-1-2000	—		520	296,884	—
3.	15,01	x 30,01	176,950	12,355	04-1-2000	—		495	285,254	—
4.	15,30	x 30,35	183,854	12,040	04-1-2000	18-1-2000		450	249,584	14 hari
5.	15,28	x 30,19	183,374	19,960	04-1-2000	—		460	255,798	—
6.	15,02	x 30,13	177,186	11,620	04-1-2000	—		455	261,854	—
7.	15,00	x 30,03	176,175	11,765	05-1-2000	19-1-2000		450	259,666	14 hari
	15,16	x 30,28	180,505	11,861	05-1-2000	—		460	231,617	—
	15,09	x 30,24	178,842	11,798	05-1-2000	—		460	245,175	—
	15,08	x 30,28	178,605	12,134	06-1-2000	20-1-2000		450	256,919	14 hari
	15,11	x 30,37	179,516	12,106	06-1-2000	20-1-2000		525	298,550	—
	15,07	x 30,35	178,366	12,089	06-1-2000	20-1-2000		535	305,854	—

eterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm²

Yogyakarta,
 Kepala Bagian Lab. BKT.FT. UII
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

HASIL KUAT DESAK SILINDER BETON

NO. / / /

ngirim :
perluan : TUGAS AKHIR

Benda uji asal :
Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm)		Luas (cm ²)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket
	DIAMETER	x TINGGI								
1.	15,045	x 30,28	177,776	12,470	11-1-2000	25-1-2000		475	272,456	umur 14
2.	15,08	x 30,15	178,605	12,425	11-1-2000	25-1-2000		470	268,337	"
3.	15,05	x 30,08	177,895	12,503	11-1-2000	25-1-2000		485	278,006	"
4.	15,11	x 29,875	179,316	12,746	11-1-2000	25-1-2000		580	329,827	umur 21 h
5.	15,055	x 29,84	178,013	12,563	11-1-2000	25-1-2000		526	297,871	"
6.	15,00	x 29,94	176,715	12,553	11-1-2000	25-1-2000		525	302,944	"
7.	15,05	x 29,91	177,845	11,673	11-1-2000	25-1-2000		520	298,668	umur 21 h
8.	15,12	x 30,21	179,553	11,740	11-1-2000	25-1-2000		475	269,760	"
9.	15,03	x 30,18	177,422	11,653	11-1-2000	25-1-2000		550	316,105	"
10.	15,04	x 30,26	177,658	12,035	11-1-2000	26-1-2000		475	272,637	umur 21
	15,00	x 30,16	176,715	11,828	11-1-2000	26-1-2000		485	279,863	"
	15,105	x 30,23	179,197	11,938	11-1-2000	26-1-2000		495	281,677	"

eterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm²

Yogyakarta,
Kepala Bagian Lab. BKT.FT. UII
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

(.....)

HASIL KUAT DESAK SILINDER BETON

NO. / / /

engirim :
 keperluan : TUGAS AKHIR

Benda uji asal :
 Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm)		Luas (cm ²)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket
	DIAMETER x TINGGI									
1.	15,04	x 30,075	177,658	11,926	06-1-2000	27-Jan-2000		540	309,946	umur 21 h
2.	15,07	x 30,100	178,368	12,122	06-1-2000	27-Jan-2000		545	311,570	u
3.	15,11	x 30,240	179,312	12,151	06-1-2000	27-Jan-2000		585	329,834	u
4.	15,04	x 30,19	179,216	12,461	11-1-2000	1-2-2000		550	329,827	umur 21
5.	15,00	x 30,37	178,013	12,402	11-1-2000	1-2-2000		495	297,871	u
6.	15,00	x 30,10	176,715	12,266	11-1-2000	1-2-2000		610	302,944	u
7.	15,05	x 29,88	177,095	12,301	4-1-2000	1-2-2000		580	332,461	umur 28
8.	15,16	x 29,62	179,079	12,430	4-1-2000	1-2-2000		610	347,346	u
9.	15,05	x 30,24	177,895	12,608	4-1-2000	1-2-2000		655	375,452	u
10.	15,09	x 30,10	178,842	11,692	4-1-2000	1-2-2000		595	339,253	umur 28
11.	15,09	x 30,38	178,842	11,780	4-1-2000	1-2-2000		540	307,894	u
12.	15,02	x 30,38	177,186	11,547	4-1-2000	1-2-2000		580	333,791	u

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²
 - Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = = kg/cm²

Yogyakarta,
LABORATORIUM Bagian Lab. BKT.FT. UII
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

(.....)



HASIL KUAT DESAK ~~SILINDER~~ BETON

NO. / / /

engirim :
 keperluan : TUGAS AKHIR

Benda uji asal :
 Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm)		Luas (cm ²)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket
	DIAMETER	x tinggi								
1.	15,09	x 30,28	178,842	12,164	06-1-2000	3-2-2000		555	316,446	28 hari
2.	14,91	x 30,19	174,600	12,056	06-1-2000	3-2-2000		575	325,815	28 hari
3.	15,00	x 30,32	176,715	12,125	06-1-2000	3-2-2000		546	311,600	28 hari
4.	15,08	x 30,25	178,605	12,543	11-1-2000	8-2-2000		580	331,146	28 hari
5.	15,00	x 30,12	176,715	12,408	11-1-2000	8-2-2000		600	346,222	28 hari
6.	15,08	x 30,15	178,605	12,343	11-1-2000	8-2-2000		590	336,819	28 hari
7.	15,06	x 30,00	178,131	11,753	5-1-2000	2-2-2000		545	311,905	28 hari
8.	15,17	x 30,30	178,743	12,170	5-1-2000	2-2-2000		590	333,995	28 hari
9.	15,25	x 30,30	182,654	12,160	5-1-2000	2-2-2000		560	312,634	28 hari

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = = kg/cm²

Yogyakarta,
LABORATORIUM Bagian Lab. BKT.FT. UII
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

(.....)

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I (V_{0.1})SILINDER II (V_{0.2})

Diiameter	15,05	cm	15,10	cm
Tinggi	29,88	cm	29,62	cm
Diuji Tgl				
Umur	28	hari	28	hari

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	10	410	350	307
20	15	15	420	364	315
30	20	18	430	377	325
40	21	28	440	392	335
50	25	35	450	425	347
60	40	40	460	435	360
70	46	46	470	454	375
80	52	55	480	470	390
90	54	60	490	480	400
100	65	65	500	495	410
110	72	73	510	505	450
120	77	78	520	530	465
130	85	85	530	552	475
140	92	80	540	580	480
150	104	96	550	610	510
160	110	104	560	625	513
170	115	110	570	666	540
180	125	115	580	760	566
190	132	123	590		580
200	140	130	600		680
210	150	137	610		780
220	155	148	620		
230	169	155	630		
240	178	162	640		
250	188	172	650		
260	200	177	660		
270	210	186	670		
280	219	195	680		
290	230	205	690		
300	240	217	700		
310	250	230	710		
320	257	236	720		
330	270	245	730		
340	280	251	740		
350	292	260	750		
360	304	270	760		
370	322	280	770		
380	330	290	780		
390	335	296	790		
400	340	300	800		

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UIA

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I (V₆₋₃) SILINDER II

Diameter	15,05	cm	.....	cm
Tinggi	30,24	cm	.....	cm
Diuji Tgl	.....	.....	.....	.....
Umur	28	hari	.....	hari

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	.....	410	335	.....
20	15	.....	420	342	.....
30	23	.....	430	351	.....
40	20	.....	440	361	.....
50	35	.....	450	371	.....
60	45	.....	460	383	.....
70	50	.....	470	395	.....
80	56	.....	480	414	.....
90	63	.....	490	430	.....
100	70	.....	500	445	.....
110	75	.....	510	455	.....
120	81	.....	520	470	.....
130	90	.....	530	483	.....
140	95	.....	540	495	.....
150	104	.....	550	506	.....
160	110	.....	560	520	.....
170	115	.....	570	531	.....
180	125	.....	580	550	.....
190	135	.....	590	570	.....
200	144	.....	600	580	.....
210	155	.....	610	606	.....
220	165	.....	620	630	.....
230	173	.....	630	660	.....
240	184	.....	640	680	.....
250	191	.....	650	710	.....
260	205	.....	655	760	.....
270	208	.....	670	.....	.....
280	215	.....	680	.....	.....
290	224	.....	690	.....	.....
300	235	.....	700	.....	.....
310	245	.....	710	.....	.....
320	255	.....	720	.....	.....
330	264	.....	730	.....	.....
340	273	.....	740	.....	.....
350	282	.....	750	.....	.....
360	290	.....	760	.....	.....
370	306	.....	770	.....	.....
380	310	.....	780	.....	.....
390	323	.....	790	.....	.....
400	330	.....	800	.....	.....

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

	SILINDER I (V ₁ -1)		SILINDER II (V ₁ -2)	
Diameter	15,08	cm	15,00	cm
Tinggi	30,25	cm	30,12	cm
Diuji Tgl				
Umur	28	hari	28	hari

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	8	9	410	350	325
20	12	13	420	365	345
30	20	20	430	375	355
40	30	27	440	385	368
50	35	35	450	396	380
60	40	40	460	415	392
70	46	46	470	425	405
80	55	53	480	436	415
90	60	60	490	450	430
100	70	67	500	470	450
110	74	72	510	490	460
120	82	80	520	525	480
130	90	90	530	540	505
140	96	95	540	565	520
150	105	105	550	590	555
160	115	110	560	602	585
170	121	120	570	640	610
180	132	130	580	710	630
190	140	136	590		636
200	146	145	600		670
210	155	151	610		
220	165	160	620		
230	173	167	630		
240	180	175	640		
250	187	185	650		
260	195	190	660		
270	205	200	670		
280	212	210	680		
290	220	215	690		
300	230	225	700		
310	236	235	710		
320	250	240	720		
330	255	255	730		
340	270	270	740		
350	280	280	750		
360	292	290	760		
370	305	300	770		
380	320	315	780		
390	335	325	790		
400	345	330	800		

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UJI

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I (V1-3)

SILINDER II

Diameter 15,08 cm cm
 Tinggi 30,15 cm cm
 Diuji Tgl
 Umur 28 hari hari

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	8		410	380	
20	12		420	390	
30	20		430	395	
40	25		440	405	
50	31		450	415	
60	40		460	420	
70	46		470	425	
80	55		480	430	
90	61		490	435	
100	70		500	440	
110	80		510	445	
120	87		520	450	
130	96		530	455	
140	110		540	460	
150	117		550	465	
160	130		560	470	
170	140		570	475	
180	150		580	480	
190	165		590	485	
200	170		600	490	
210	180		610	495	
220	190		620	500	
230	206		630	505	
240	210		640	510	
250	215		650	515	
260	225		660	520	
270	230		670	525	
280	245		680	530	
290	252		690	535	
300	261		700	540	
310	275		710	545	
320	286		720	550	
330	296		730	555	
340	310		740	560	
350	320		750	565	
360	325		760	570	
370	356		770	575	
380	360		780	580	
390	370		790	585	
400	375		800	590	

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UJI

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I (V₂-2)

SILINDER II

Diameter	14,91	cm	.....	cm
Tinggi	30,19	cm	.....	cm
Diuji Tgl	.....	.....	.....	.....
Umur	29	hari	.....	hari

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	.....	410	430	.....
20	16	.....	420	450	.....
30	25	.....	430	465	.....
40	34	.....	440	475	.....
50	40	.....	450	490	.....
60	52	.....	460	505	.....
70	60	.....	470	530	.....
80	66	.....	480	560	.....
90	75	.....	490	590	.....
100	85	.....	500	610	.....
110	95	.....	510	660	.....
120	103	.....	520	690	.....
130	110	.....	530	750	.....
140	120	.....	540	770	.....
150	130	.....	550	.....	.....
160	140	.....	560	.....	.....
170	145	.....	570	.....	.....
180	155	.....	580	.....	.....
190	165	.....	590	.....	.....
200	175	.....	600	.....	.....
210	185	.....	610	.....	.....
220	195	.....	620	.....	.....
230	210	.....	630	.....	.....
240	220	.....	640	.....	.....
250	233	.....	650	.....	.....
260	246	.....	660	.....	.....
270	255	.....	670	.....	.....
280	265	.....	680	.....	.....
290	276	.....	690	.....	.....
300	290	.....	700	.....	.....
310	300	.....	710	.....	.....
320	312	.....	720	.....	.....
330	325	.....	730	.....	.....
340	335	.....	740	.....	.....
350	350	.....	750	.....	.....
360	365	.....	760	.....	.....
370	375	.....	770	.....	.....
380	390	.....	780	.....	.....
390	410	.....	790	.....	.....
400	420	.....	800	.....	.....

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I (V₂-1)

SILINDER II (V₂-3)

Diameter	15,08	cm	15,28	cm
Tinggi	30,25	cm	30,15	cm
Diuji Tgl				
Umur	28	hari	28	hari

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	9	410	399	392
20	15	14	420	412	405
30	25	18	430	430	415
40	31	23	440	435	431
50	40	33	450	465	449
60	46	44	460	485	465
70	55	50	470	515	470
80	62	56	480	530	490
90	70	65	490	536	510
100	78	73	500	570	540
110	90	82	510	595	565
120	95	90	520	625	590
130	105	96	530	650	610
140	115	110	540	690	630
150	125	118	550	750	650
160	135	123	555	790	680
170	145	138	570		730
180	152	149	575		760
190	162	156	580		
200	170	170	600		
210	180	175	610		
220	190	185	620		
230	196	193	630		
240	204	207	640		
250	215	215	650		
260	223	225	660		
270	235	235	670		
280	250	242	680		
290	260	251	690		
300	268	264	700		
310	282	275	710		
320	295	286	720		
330	305	300	730		
340	313	315	740		
350	333	325	750		
360	345	336	760		
370	356	350	770		
380	370	365	780		
390	385	375	790		
400	390	385	800		

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UIN

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I (V₃₋₁)

SILINDER II

Diameter 15,06 cm cm
 Tinggi 30,00 cm cm
 Diuji Tgl
 Umur 28 hari hari

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II
10	11	.....
20	20	.....
30	28	.....
40	35	.....
50	40	.....
60	50	.....
70	55	.....
80	60	.....
90	70	.....
100	75	.....
110	85	.....
120	95	.....
130	100	.....
140	110	.....
150	120	.....
160	133	.....
170	145	.....
180	155	.....
190	170	.....
200	175	.....
210	185	.....
220	195	.....
230	205	.....
240	215	.....
250	225	.....
260	235	.....
270	255	.....
280	270	.....
290	285	.....
300	305	.....
310	325	.....
320	340	.....
330	355	.....
340	370	.....
350	390	.....
360	405	.....
370	415	.....
380	420	.....
390	450	.....
400	455	.....

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II
410	460	.....
420	470	.....
430	480	.....
440	490	.....
450	515	.....
460	530	.....
470	555	.....
480	580	.....
490	600	.....
500	625	.....
510	655	.....
520	700	.....
530	720	.....
540	770	.....
555	850	.....
560	.....	.....
570	.....	.....
580	.....	.....
590	.....	.....
600	.....	.....
610	.....	.....
620	.....	.....
630	.....	.....
640	.....	.....
650	.....	.....
660	.....	.....
670	.....	.....
680	.....	.....
690	.....	.....
700	.....	.....
710	.....	.....
720	.....	.....
730	.....	.....
740	.....	.....
750	.....	.....
760	.....	.....
770	.....	.....
780	.....	.....
790	.....	.....
800	.....	.....

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UJI

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

	SILINDER I (V ₃₋₃)		SILINDER II (V ₃₋₂)	
Diameter	15,25	cm	15,17	cm
Tinggi	30,30	cm	30,30	cm
Diuji Tgl				
Umur	28	hari	28	hari

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	13	10	410	450	440
20	20	16	420	460	460
30	31	23	430	480	470
40	40	31	440	490	485
50	50	40	450	505	500
60	55	50	460	515	520
70	66	60	470	530	540
80	75	70	480	545	560
90	85	77	490	565	570
100	94	90	500	585	595
110	102	98	510	605	615
120	110	105	520	630	650
130	115	115	530	665	675
140	125	125	540	690	710
150	135	140	550	710	740
160	144	150	560	730	750
170	152	160	570		750
180	161	170	580		790
190	175	180	590		810
200	190	195	600		
210	200	204	610		
220	210	211	620		
230	225	225	630		
240	235	235	640		
250	245	245	650		
260	255	255	660		
270	266	270	670		
280	280	280	680		
290	293	291	690		
300	304	305	700		
310	309	316	710		
320	320	325	720		
330	330	350	730		
340	350	360	740		
350	360	377	750		
360	385	385	760		
370	395	399	770		
380	410	415	780		
390	435	425	790		
400	440	430	800		

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

	SILINDER I (V4-1)		SILINDER II	
Diameter	19,09	cm	.....	cm
Tinggi	30,10	cm	.....	cm
Diuji Tgl	.....	.....	.....	.....
Umur	28	hari	.....	hari

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	15	.....	410	455	.....
20	20	.....	420	465	.....
30	25	.....	430	475	.....
40	36	.....	440	486	.....
50	50	.....	450	496	.....
60	55	.....	460	510	.....
70	65	.....	470	530	.....
80	73	.....	480	550	.....
90	80	.....	490	570	.....
100	93	.....	500	580	.....
110	100	.....	510	597	.....
120	110	.....	520	606	.....
130	115	.....	530	630	.....
140	124	.....	540	646	.....
150	126	.....	550	670	.....
160	144	.....	560	690	.....
170	153	.....	570	720	.....
180	165	.....	580	745	.....
190	175	.....	590	785	.....
200	190	.....	595	840	.....
210	200	.....	610	.....	.....
220	215	.....	620	.....	.....
230	230	.....	630	.....	.....
240	243	.....	640	.....	.....
250	252	.....	650	.....	.....
260	255	.....	660	.....	.....
270	280	.....	670	.....	.....
280	290	.....	680	.....	.....
290	300	.....	690	.....	.....
300	310	.....	700	.....	.....
310	323	.....	710	.....	.....
320	335	.....	720	.....	.....
330	350	.....	730	.....	.....
340	360	.....	740	.....	.....
350	375	.....	750	.....	.....
360	390	.....	760	.....	.....
370	407	.....	770	.....	.....
380	420	.....	780	.....	.....
390	440	.....	790	.....	.....
400	445	.....	800	.....	.....

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I (K-3)

SILINDER II (K-2)

Diameter	18,02	cm	19,09	cm
Tinggi	30,08	cm	30,38	cm
Diuji Tgl				
Umur	28	hari	28	hari

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	13	410	440	395
20	16	20	420	452	411
30	25	25	430	470	425
40	35	35	440	485	440
50	45	41	450	507	455
60	54	50	460	530	480
70	65	55	470	550	495
80	75	65	480	565	515
90	85	72	490	580	540
100	94	80	500	600	560
110	105	90	510	620	585
120	115	95	520	640	510
130	125	106	530	690	530
140	135	112	540	710	570
150	147	130	550	740	610
160	157	135	560	765	
170	170	140	570	790	
180	180	152	580	840	
190	188	165	590		
200	200	170	600		
210	210	180	610		
220	220	186	620		
230	230	196	630		
240	241	208	640		
250	252	215	650		
260	263	225	660		
270	275	235	670		
280	290	245	680		
290	302	255	690		
300	315	265	700		
310	330	275	710		
320	345	288	720		
330	357	295	730		
340	370	315	740		
350	380	325	750		
360	392	350	760		
370	401	360	770		
380	410	374	780		
390	424	385	790		
400	430	390	800		

LABORATORIUM

BRHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UI

Primal 1/11
TA 3/11



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	RUKHUDIN TEGUH W.	93 310 251		TSS
2.	FATKHU RAHMAN	93 310 175		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR :**KUAT DESAK DAN KETAHANAN**.....
.....**TERHADAP CUACA PADA BETON DENGAN AGREGAT VARIASI**.....
.....**CAMPURAN KERIKIL DAN PECAHAN GENTENG SOKA.**.....

Dosen Pembimbing I : IR. H.SARWIDI, MSc, PhD

Dosen Pembimbing II : IR. K A S A M, MT



Yogyakarta, 17 Nop. 1999
Dekan,

Jurusan Teknik Sipil,

IR. H.TADJUDDIN BM ARIS, MS



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km 14,4, Telp. 895042, 895707, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomer : 18 / D.II / JTS. / XI / 99 Yogyakarta, 17 Nop. 1999
Lamp. : -
Hal : **BIMBINGAN TUGAS AKHIR.**

Kepada Yth. :
Bapak/Ibu. Ir. H. Sarwidi, MSc, Ph.D
Di -
YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak /Ibu agar Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : **Rukhudin Teguh Wibowo**
No. Mhs : 93 3100 251
N.I.R.M. : 930051013114120248
Bidang Studi : Struktur
Tahun Akademi : 1999/2000 (gasal)
2. Nama : **Fatkhu Rahman**
No. Mhs : 93 310 175
N.I.R.M. : 930051013114120172
Bidang Studi : Struktur
Tahun Akademi : 1999/2000 (gasal)

Dapat diberikan petunjuk pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir.

Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sbb.

Dosen Pembimbing I : **Ir. H. Sarwidi, MSc, Ph.D**

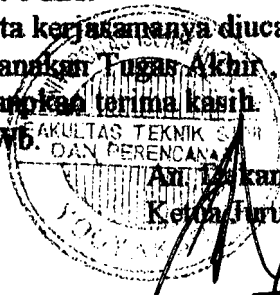
Dosen Pembimbing II : **Ir. K a s a m, MT**

Dengan mengambil topik :

**KUAT DESAK DAN KETAHANAN TERHADAP CUACA PADA
BETON DENGAN AGREGAT VARIASI CAMPURAN KERIKIL
PECAHAN GENTENG SOKA.**

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih. mengajukan untuk melaksanakan Tugas Akhir, dapat diberikan petunjuk, pengarahan serta bimbingan, terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Ketua Jurusan Teknik Sipil

(IR.H.TADJUDDIN BM ARIS, MS

Tembusan :
Mahasiswa ybs.
Arsip.

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
01	30/03/2000	1	<ul style="list-style-type: none"> - Pustaka gpt jilid 1 - Pustaka Tabel: + Gambar - Gambar "pemeran" = 75 lei 	
02	09/04/2000	2	<ul style="list-style-type: none"> - Pustaka (Buku #) - Pustaka Spk jilid (Gambar, Survei) - Ke DPrng lei 	
03	13/4/2000	3	<ul style="list-style-type: none"> - Tugas kegiatan pustaka di haji kembali. - Tulisan & di revisi 	
04	17/4/2000	4	<ul style="list-style-type: none"> - Menyiapkan dan foto - Cara penulisan 	
05	18/4/2000	5	<ul style="list-style-type: none"> - Menyiapkan - Daftar judul sampel - Pustaka & jilid 	

istilah perbaikan Hyabris, kegiatan, diresmikan dg gambar, g

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
06	19/04/2000	6	<ul style="list-style-type: none"> - Daftar Isi, abstrak, Daftar Pustaka, Lampiran - Daftar isi & lampiran 	