

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN ABU VULKANIK GUNUNG MERAPI
SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN DALAM
PEMBUATAN BETON UNTUK MENINGKATKAN
KEKUATAN PADA UMUR
28 HARI**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk memenuhi
persyaratan memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil**



JAKA SETYA ANDIKA

05 511 045

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2011

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN ABU VULKANIK GUNUNG
MERAPI SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN
DALAM PEMBUATAN BETON UNTUK
MENINGKATKAN KEKUATAN PADA UMUR
28 HARI**

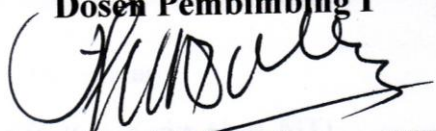
Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk memenuhi persyaratan memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



05 511 045

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

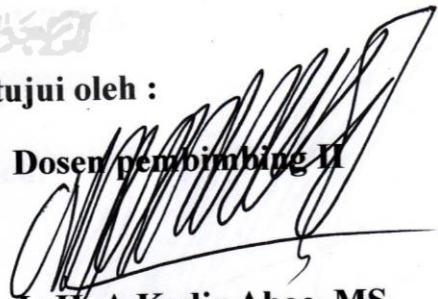
Dosen Pembimbing I



Ir. Tri Fajar Budiyono, MT

Tanggal: 23/8/2011

Dosen pembimbing II

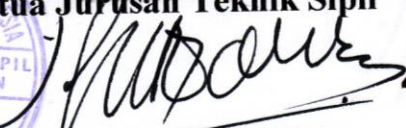


Ir.H. A.Kadir Aboe, MS

Tanggal: 23/8/2011

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Ir. Suharyatma, MT

Tanggal: 23/8/2011

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN ABU VULKANIK GUNUNG
MERAPI SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN
DALAM PEMBUATAN BETON UNTUK
MENINGKATKAN KEKUATAN PADA UMUR
28 HARI**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk memenuhi
persyaratan memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



JAKA SETYA ANDIKA

05 511 045

Disetujui Oleh:

Pembimbing :

(Ir. H. A Kadir Aboe, MT)

Penguji :

(Ir. H. Much. Samsudin, MT)

Penguji :

(Ir. Suharyatma, MT)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Pertama dan yang paling utama penulis panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, Shalawat serta salam ditujukan kepada nabi Muhammad SAW sehingga tugas akhir yang berjudul **“Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Merapi Sebagai Pengganti Sebagian Semen Portland Dalam Pembuatan Beton Untuk Meningkatkan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari ”** ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan syarat untuk mencapai jenjang Strata Satu (S1), pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Masih terdapat banyak kekurangan dan keterbatasan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mohon maaf dan berharap akan ada pengembangan penelitian yang lebih baik dengan rekomendasi penelitian yang dikemukakan pada bagian akhir dari tugas akhir ini.

Dalam penyelesaian laporan ini penyusun telah mendapat banyak bantuan dan motifasi dari berbagai pihak, untuk itu penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. **Ir. H. Mochammad Teguh, MSCE, Ph.D** selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII Yogyakarta.
2. **Ir. H. Suharyatma, MT** dan **Ir. Tri Fajar Budiyo, MT** selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII Yogyakarta.
3. **Ir. H A Kadir Aboe, MS** selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII Yogyakarta.
4. **Ir. Tri Fajar Budiyo, MT** dan **Ir. H A Kadir Aboe, MS** selaku dosen pembimbing I dan II tugas akhir, terima kasih atas bimbingan, nasehat dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

5. **Ir. H. Much. Samsudin, MS dan Ir. Suharyatma, MT** selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk mengoreksi, memberikan nasehat dan masukan kepada penulis.
6. Segenap staf dan karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII, terutama **Bpk. Warno, Bpk. Ndaru, Bpk. Hari, Bpk. Heri dan Bpk. Santoro** yang telah membantu selama penelitian berlangsung.
7. Bapak dan ibu tercinta atas doa, kasih sayang, nasehat, pengertian dan perhatian yang tulus serta dukungan baik moril maupun materiil hingga laporan ini selesai.
8. Mama dan Icha tercinta yang selalu meluangkan waktunya untuk mendoakan, mengingatkan dan memberikan cinta, kasih sayang, dan suportnya sehingga laporan ini selesai.
9. Sahabat, teman-teman terbaikku Septavira , Ian Cumi, Indra , Deni, Bang Tigor, Beta, Hanif, Danu, Bajuri, Topik, Putra dan pihak yang langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah membantu selama tugas akhir dan dalam penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan Tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun selalu penyusun harapkan. Semoga laporan ini, dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan bagi seluruh mahasiswa yang membutuhkan pada umumnya.

Wabillahittaufiq wal hidayah

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juli 2011

Hormat Penyusun

Jaka Setya Andika

ABSTRAKSI

Seiring dengan perkembangan teknologi, tingkat kreatifitas, tingkat dan inovasi manusia semakin berkembang. Ahli konstruksi juga dituntut inovatif dalam pemilihan bahan konstruksi. Pemakaian beton sebagai material struktur merupakan alternatif yang paling banyak digunakan karena proses pengerjaan yang mudah, dapat disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi, mampu menahan beban yang berat. Komposisi beton adalah semen, pasir, dan kerikil. Dengan adanya peristiwa erupsi gunung Merapi pada bulan Oktober 2010 di Jogjakarta dimana menyemburkan berbagai macam material sehingga mengganggu aktivitas dan kesehatan masyarakat sekitarnya. Salah satu material yang disemburkan ialah abu vulkanik yang kandungan kimianya hampir sama dengan semen hanya kurang sedikit kapur (Ca). Digunakanlah abu vulkanik yang ditambahkan sedikit kapur (Ca) bakar sebagai bahan pengganti sebagian semen yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja dan mutu beton. Penggantian sebagian semen pada beton diharapkan mampu menghemat biaya disamping juga untuk meningkatkan mutu beton. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu vulkanik dan kapur bakar terhadap kuat tekan dan kuat geser beton. Abu vulkanik yang dipakai lolos saringan 200. Prosentase abu vulkanik yang digunakan sebanyak 5%, 10%, 15%, dan 20% dari jumlah semen. Prosentase kapur (Ca) bakar yang dipakai sebanyak 8% dari jumlah abu vulkanik. Penggunaan metode DoE dalam penghitungan mix design pada pembuatan benda uji beton silinder (diameter 15 cm, tinggi 30 cm) dan balok (6 x 25 x 30 cm). Pengujian dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, 21, 28 hari setelah beton dicetak dengan sebelumnya diberi perawatan dengan cara direndam dalam air. Penggantian sebagian semen dengan abu vulkanik dan kapur bakar sebanyak 5% memberikan kuat tekan beton optimum sebesar 31,76 MPa. Penggantian sebagian semen dengan abu vulkanik dan kapur bakar memberikan kuat geser yang lebih kecil dari beton normal 1,64 MPa.

Kata kunci: penggantian sebagian semen, abu vulkanik dan kapur (Ca) bakar, kuat tekan beton, kuat geser beton

ABSTRACT

Along with technological developments, the level of creativity, innovation and developing the human level. Innovative construction expert is also needed in the selection of construction materials. The use of concrete as a structural material is the most widely used alternative to the work process is easy, can be tailored to the needs of construction, able to withstand heavy loads. The composition of concrete is cement, sand, and gravel. With the events of the eruption of Mount Merapi in October 2010 in Yogyakarta, which ejects a variety of materials that interfere with the activity and the health of surrounding communities. One of the ejected material is volcanic ash which is almost equal to the chemical content of cement is only slightly less calcium (Ca). Volcanic ash is used to add a little lime (Ca) fuel as a partial substitute for cement is expected to improve performance and quality of concrete. Partial cement replacement in concrete is expected to save costs while also improving the quality of concrete. This study was conducted to see the effect of partial replacement of cement with volcanic ash and bake strength and shear on the compressive strength of limestone concrete. Volcanic ash is used pass filter 200. The percentage of volcanic ash is used as much as 5%, 10%, 15%, and 20% of the amount of cement. The percentage of lime (Ca) of fuel used by 8% of the amount of volcanic ash. The use of DoE methods in calculating design mixture in the manufacture of concrete cylinder test specimens (diameter 15 cm, height 30 cm) and beam (6 x 25 x 30 cm). Tests performed at the age of concrete, 3, 7, 14, 21, 28 days after the concrete is printed with the previous treatment given by soaking in water. Partial replacement of cement with volcanic ash and lime grilled as much as 5% to provide optimal concrete compressive strength of 31.76 MPa. Partial replacement of cement with volcanic ash and lime grilled provide shear strength is smaller than 1.64 MPa normal concrete.

Key words: partial replacement of cement, ash and lime (Ca) of fuel, concrete compressive strength, shear strength of concrete

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
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.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Keaslian Penelitian.....	6
BAB III LANDASAN TEORI	8
3.1. Tinjauan Umum	8
3.2. Material Penyusun Beton.....	9
3.2.1. Semen Portland	9
3.2.2. Agregat.....	11
3.2.3. Air	12

3.2.4.	Bahan Tambahan.....	13
3.2.4.1.	Pozzolan	14
3.2.4.2.	Abu Vulkanik.....	15
3.2.4.3.	Kapur (Ca).....	15
3.3.	Faktor Air Semen (FAS)	16
3.4	Perencanaan Campuran (<i>Mix Desain</i>).....	16
3.5	Kuat Tekan Beton	23
3.6	Kuat Geser Beton	24
3.6.1	Kekuatan Geser	24
BAB IV	METODE PENELITIAN	26
4.1	Tinjauan Umum	26
4.2	Bahan dan Alat.....	26
4.2.1	Bahan Penyusun Beton	26
4.2.2	Peralatan.....	27
4.3	Pemeriksaan Material Yang Akan Digunakan.....	32
4.3.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.....	32
4.3.2	Pengujian berat jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	33
4.3.3	Pengujian Modulus Halus Butir (MHB) Agregat Halus.....	35
4.3.4	Pengujian Modulus Halus Butir (MHB) Agregat Kasar.....	36
4.4	Pengujian Slump	37
4.5	Model Benda Uji.....	37
4.5.1	Model Benda Uji Untuk Tekan	37
4.5.2	Model Benda Uji Untuk Geser.....	38
4.6	Pembuatan dan perawatan Benda Uji	38
4.7	Pengujian Benda Uji	40

4.7.1	Uji Tekan Beton Silinder	40
4.7.2	Uji Geser Beton Balok	41
4.7.3	Uji Tegangan dan Regangan	42
4.8	Perhitungan Campuran Beton (Mix Design).....	43
4.9	Bagan Alir Penyusunan Tugas Akhir.....	50
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	51
5.1	Umum	51
5.2	Hasil Uji material	52
5.2.1	Gradasi Agregat Halus dan MHB	53
5.2.2	Gradasi Agregat Kasar dan MHB	54
5.3	Material Penyusun Benda Uji	55
5.4	Nilai Slump	56
5.5	Perhitungan Berat Volume Beton	57
5.6	Pengujian Kuat Tekan Beton	58
5.7	Pengujian Kuat Geser Beton	61
5.8	Tegangan dan Regangan Beton.....	65
5.9	Modulus Elastisitas	66
5.10	Perbandingan $f'c$ Rencana dengan $f'c$ Hasil Uji.....	69
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	72
6.1	Kesimpulan	72
6.2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA		73
LAMPIRAN.....		74

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Variasi benda uji.....	4
Tabel 3.1 Unsur-unsur utama penyusun semen	10
Tabel 3.2 Prosentase komposisi unsur kimia semen.....	10
Tabel 3.3 Unsur penyusun abu vulkanik gunung Merapi	15
Tabel 3.4 Nilai Standart Deviasi	17
Tabel 3.5 Perkiraan kuat tekan beton dengan FAS 0,50 dan jenis semen serta agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia,	18
Tabel 3.6 Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pekerjaan adukan	20
Tabel 3.7 Persyaratan jumlah semen minimum dan FAS maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.....	20
Tabel 4.1 Persyaratan F A S maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus	44
Tabel 4.2 Penetapan Nilai Slump	45
Tabel 4.3 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton	46
Tabel 4.4 Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus	46
Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.....	52
Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar.....	53
Tabel 5.3 Gradasi Agregat Halus.....	53
Tabel 5.4 Gradasi Agregat Kasar.....	54
Tabel 5.5 Komposisi kebutuhan material	56
Tabel 5.6 Nilai Slump	56
Tabel 5.7 Contoh Perhitungan Berat Volume Beton Silinder	57
Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Beton Silinder	58
Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Beton Balok.....	58
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder	59
Tabel 5.11 Kuat Geser Rerata Beton Balok.....	62

Tabel 5.12	Perbandingan Kuat Geser Uji dengan Kuat Geser Teoritis.....	63
Tabel 5.13	Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas.....	68
Tabel 5.14	Perbandingan f_c' Rencana Dengan Hasil Uji umur 3 Hari.....	69
Tabel 5.15	Perbandingan f_c' Rencana Dengan Hasil Uji umur 7 Hari.....	69
Tabel 5.16	Perbandingan f_c' Rencana Dengan Hasil Uji umur 14 Hari.....	70
Tabel 5.17	Perbandingan f_c' Rencana Dengan Hasil Uji umur 21 Hari.....	70
Tabel 5.18	Perbandingan f_c' Rencana Dengan Hasil Uji umur 28 Hari.....	71



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1	Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan fas Untuk Benda Uji Silinder (diameter 150 mm x 300 mm)..... 19
Gambar 3.2	Grafik persentasi jumlah pasir21
Gambar 3.3	Grafik perkiraan berat jenis beton basah yang dimampatkan secara penuh 22
Gambar 4.1	Mistar Dan Kaliper..... 27
Gambar 4.2	Saringan/ayakan 27
Gambar 4.3	Oven 28
Gambar 4.4	Timbangan..... 28
Gambar 4.5	Mesin uji tekan tipe <i>ADR 3000</i> 29
Gambar 4.6	Mesin uji geser <i>Shimatsu type UMH 30</i>29
Gambar 4.7	Mixer/mesin pengaduk campuran beton..... 30
Gambar 4.8	Cetakan silinder beton..... 30
Gambar 4.8	Gelas ukur31
Gambar 4.10	Slump test set 31
Gambar 4.11	Dial Gauge 31
Gambar 4.12	Pengukuran nilai slump..... 37
Gambar 4.13	Uji Desak Pada Silinder 41
Gambar 4.14	Uji Kuat Geser Pada Kubus 42
Gambar 4.15	Pengujian Tegangan Regangan..... 43
Gambar 4.16	Grafik Hubungan faktor air semen dan kuat tekan 44
Gambar 4.17	Grafik hubungan faktor air semen dan kuat tekan.....45
Gambar 4.18	Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton 49
Gambar 4.19	Langkah-langkah Penelitian..... 50
Gambar 5.1	Kurva Gradasi Agregat Halus 54

Gambar 5.2	Kurva Gradasi Agregat Kasar	55
Gambar 5.3	Grafik Kuat Tekan Rerata Beton.....	60
Gambar 5.4	Grafik Kuat Geser Rerata Beton.	62
Gambar 5.5	Grafik Perbandingan V_{cu} dan V_{ct} umur 3 hari.	63
Gambar 5.6	Grafik Perbandingan V_{cu} dan V_{ct} umur 7 hari.	64
Gambar 5.7	Grafik Perbandingan V_{cu} dan V_{ct} umur 14 hari.	64
Gambar 5.8	Grafik Perbandingan V_{cu} dan V_{ct} umur 21 hari..	64
Gambar 5.9	Grafik Perbandingan V_{cu} dan V_{ct} umur 28 hari...	65
Gambar 5.10	Grafik Tegangan-Regangan Beton	66
Gambar 5.11	Grafik Modulus Elastisitas.....	68



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.1** Hasil Pengujian Material.
- Lampiran 1.2** Perhitungan Berat Volume Beton
- Lampiran 1.3** Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Geser Beton
- Lampiran 1.4** Hasil Pengujian Tegangan-Regangan dan Modulus Elastisitas Beton
- Lampiran 1.5** Perbandingan f_c' rencana dan f_c' target dengan f_c' uji
- Lampiran 1.6** Gambar-Gambar



DAFTAR NOTASI

- A : Luas penampang benda uji, cm^2 .
- B_v : Berat volume silinder, kg/cm^3 .
- D : Diameter benda uji, mm.
- E_c : Modulus elastisitas
- f_c' : Kuat tekan beton, Mpa.
- $f_c'r$: Kuat tekan rata-rata benda uji, Mpa.
- K : Tetapan statistik yang nilainya tergantung prosentase hasil uji.
- L : Panjang benda uji, mm.
- m : Nilai tambah/margin, Mpa.
- N : Jumlah benda uji yang diperiksa.
- P : Beban maksimum, Kg.
- s : Standar deviasi
- ϵ : Regangan yang dihasilkan dari tegangan (σ).
- σ : Tegangan pada 0,4 kuat tekan uji.
- V_{ct} : Kuat geser teoritis, Mpa
- V_{cu} : Kuat geser uji, Mpa
- V_{cur} : Kuat geser uji rerata, Mpa
- W_h : Perkiraan jumlah air untuk agregat alami, kg/m^3 .
- W_k : Perkiraan jumlah air untuk batu pecah, kg/m^3 .
- BN : Beton normal.
- $B5\%$: Beton dengan penambahan abu vulkanik dan kapur sebanyak 5%
- $B10\%$: Beton dengan penambahan abu vulkanik dan kapur sebanyak 10%
- $B15\%$: Beton dengan penambahan abu vulkanik dan kapur sebanyak 15%.
- $B20\%$: Beton dengan penambahan abu vulkanik dan kapur sebanyak 20%

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam yang melanda Indonesia belakangan ini menimbulkan berbagai masalah. Salah satu bencana alam yang menimbulkan masalah besar adalah meletusnya atau erupsi gunung Merapi di Jogjakarta pada bulan Oktober 2010. Dimana banyak mengeluarkan bahan-bahan material salah satunya adalah abu vulkanik, yang menimbulkan penyakit ISPA pada masyarakat disekitar gunung Merapi yang meliputi daerah Sleman, Klaten, Boyolali, Magelang, dan Purworejo.

Adapun dampak yang ditimbulkan oleh semburan Gunung Merapi ini sangat luas dan kompleks, diantaranya:

1. Berbagai macam penyakit yang timbul pada masyarakat dan efek trauma terutama pada anak kecil .
2. Rusaknya rumah atau pemukiman penduduk akibat semburan awan panas dan bahan material lainnya dari Gunung Merapi.
3. Rusaknya sarana pendidikan (SD, SMP) serta sarana dan prasarana infrastruktur (jaringan listrik dan telepon) didaerah Sleman dan sekitarnya.
4. Kerusakan pada sektor pertanian dan peternakan, sehingga petani dan peternak mengalami kerugian dan gagal panen.
5. Kerusakan alam yang mengakibatkan ketidakseimbangan lingkungan hidup.

Sebagai usaha untuk mencari alternatif dari bencana tersebut maka diupayakan untuk memanfaatkan abu vulkanik yang berasal dari semburan Gunung Merapi di Jogjakarta tersebut sebagai bahan yang berguna. Pemanfaatan abu vulkanik Gunung Merapi salah satunya sebagai bahan pembuatan beton berkualitas yang diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen portland serta pengaruhnya terhadap perilaku mekanik yaitu kuat tekan dan kuat geser beton.

Dalam usaha mencapai suatu alternatif yang cukup kompetitif harus ada usaha semacam penelitian untuk menghasilkan komposisi dan produk yang inovatif dalam perencanaan campuran beton. Semen merupakan bahan utama dalam campuran beton tetapi cukup mahal harganya, sehingga diusahakan dalam proses pencampuran beton menggunakan proporsi seefisien mungkin. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian sebagai bahan alternatif pengganti sebagian semen yaitu abu vulkanik Gunung Merapi yang bertujuan dapat mengurangi proporsi jumlah semen tanpa mengurangi kekuatannya.

Dari permasalahan diatas, peneliti tertarik untuk memanfaatkan abu vulkanik Gunung Merapi tersebut dan mengaplikasikannya kedalam bidang teknik sipil, yaitu bagaimana jika abu vulkanik tersebut dijadikan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam campuran pembuatan beton karena abu vulkanik memiliki unsur kimia yang mirip semen hanya kurang kapur (Ca). Maka kami mengangkat topik ini dalam penelitian tugas akhir dengan judul:

“Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Merapi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Portland Dalam Pembuatan Beton Untuk Meningkatkan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari ”

1.2 Rumusan Masalah

Abu vulkanik Gunung Merapi mengandung unsur kimia yang mirip dengan semen tetapi sedikit atau kurang kapur (Ca). Dalam penelitian ini, abu vulkanik ditambah kapur digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen yang dalam proses hidrasi dengan semen mungkin akan meningkatkan kualitas beton. Dimana jumlah variasi penggantian sebagian semen dengan abu vulkanik sebanyak 5%, 10%, 15%, 20% dan jumlah kapur (Ca) dalam penambahannya sebanyak 8% dari jumlah abu vulkaniknya. Untuk itulah penelitian tentang pengaruh abu vulkanik ditambah kapur dengan memvariasikan komposisinya ini sebagai bahan pengganti sebagian semen pada pembuatan beton terhadap kuat tekan dan kuat geser beton.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu vulkanik dan kapur yang berfungsi sebagai bahan pengganti sebagian semen, terhadap perilaku mekanik beton yaitu kuat tekan dan kuat geser beton. Apakah dengan penggantian sebagian semen dengan abu vulkanik dan kapur dapat meningkatkan kualitas beton atau malah sebaliknya.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mampu menghasilkan alternatif bahan bangunan yang ramah lingkungan.
2. Mampu menghasilkan beton yang memenuhi syarat dan inovatif .
3. Penggunaan abu vulkanik sebagai salah satu alternatif untuk menghemat penggunaan semen, sehingga menghasilkan beton yang ekonomis dan berkualitas berdasarkan SNI.
4. Pemakaian abu vulkanik Gunung Merapi dapat memberikan kontribusi terhadap penyelamatan lingkungan dengan adanya adanya pengurangan jumlah abu vulkanik didaerah yang terkena semburan dari Gunung Merapi.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat terarah sesuai dengan yang diharapkan, maka permasalahannya perlu dibatasi sebagai berikut :

1. Sebagai perbandingan kuat tekan dan kuat geser beton dibuat sampel beton dengan campuran abu vulkanik dan kapur dengan perbandingan berat (0% abu + kapur : 100% PC), (5% abu + kapur : 95% PC), (10% abu + kapur : 90% PC), (15% abu + kapur : 85% PC), (20% abu + kapur : 80% PC).
2. Jumlah kapur (Ca) yang digunakan sebanyak 8% dari jumlah abu volkanik yang dipakai dalam setiap variasinya.
3. f_c' yang ditentukan sebesar 20 MPa
4. Agregat yang digunakan adalah pasir dengan diameter 5 mm dan kerikil dengan diameter 20 mm.
5. Perawatan benda uji dengan perendaman sampai 28 hari.

6. Pengujian kuat tekan dan kuat geser beton pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari dilakukan dilaboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
7. Menggunakan abu vulkanik Gunung Merapi yang diambil dari daerah Sleman, Jogjakarta dan Purworejo, Jawa Tengah.
8. Menggunakan kapur (Ca) bakar.
9. Menggunakan air dari Laboratorium Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
10. Menggunakan semen dengan merk Tiga Roda yang dianggap tipe I.
11. Penelitian yang dilakukan menggunakan benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sedangkan untuk balok ukuran panjang 30 cm, lebar 6 cm ,dan tinggi 25 cm dan diuji setelah umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari dengan sebelumnya diberi perawatan berupa perendaman dalam air. Benda uji terdiri dari benda uji beton normal dan benda uji dengan campuran abu volkanik dengan beberapa variasi dapat dilihat pada tabel 1.1 berikut:

Tabel 1.1 Variasi benda uji

No	Variasi Beton	Kode	Jumlah Benda Uji				
			Umur beton				
			3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	Normal	BN	6	6	6	6	6
2	5% abu vulkanik + Ca	B5%	6	6	6	6	6
3	10% abu vulkanik + Ca	B10%	6	6	6	6	6
4	15% abu vulkanik + Ca	B15%	6	6	6	6	6
5	20% abu vulkanik + Ca	B20%	6	6	6	6	6

12. Perilaku yang ditinjau pada penelitian ini adalah kuat tekan dan kuat geser beton.
13. Penelitian ini merupakan uji laboratorium.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Beton adalah material yang dibuat dari campuran agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen portland atau bahan pengikat hidrolis yang sejenis, dengan menggunakan atau tidak menggunakan bahan lain. (SK.SNI T-15-1990-03:1). Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, beton merupakan material yang bersifat getas. Nawy (1985) dalam buku Mulyono (2003) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan iteraksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya.

Untuk mencapai kuat tekan beton perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan durabilitinya (daya tekan terhadap penurunan mutu dan akibat pengaruh cuaca). Untuk itu diperlukan susunan gradasi butiran yang baik. Nilai kuat tekan beton yang dicapai ditentukan oleh mutu bahan agegat (Dipohusodo,1994).

Disamping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan pekerjaan beton (Jakson,1977), serta Murdock dan Brook (1991) yang mengatakan : “kecakapan tenaga kerja adalah salah satu faktor penting dalam produksi suatu bangunan yang bermutu, dan kunci keberhasilan untuk mendapatkan tenaga kerja yang cakap adalah untuk pengetahuan dan daya tarik pada pekerjaan yang sedang dikerjakan”.

2.2 Penelitian Terdahulu

Menurut Zeta Eridani (2004) pada penelitiannya “Pemanfaatan abu terbang sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kualitas beton”, untuk mengetahui kuat tekan dan kekedapan air betonnya, dibuat benda uji beton dengan hitungan perancangan campuran beton menggunakan metode SNI, dengan nilai fas 0,5, slump 10 ± 1 cm dan variasi penambahan abu terbang 0 %, 10 %, 15 %, 20 %, dan 25 %.

20 %, 25 %, 35 %, dan 40 % dari berat total semen. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan bentuk benda uji silinder dengan ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm, yang diuji pada umur 7, 28, dan 90 hari, sedangkan untuk menguji kekedapan air dengan bentuk benda uji kubus ukuran tiap sisinya 15 cm, diuji setelah beton berumur 28 hari.

Dalam penelitian ini, beton dengan kandungan abu terbang 10 %-40 % termasuk beton kedap air agresif sedang, yaitu beton yang tahan terhadap air limbah industri, air payau, dan air laut, tetapi tidak termasuk beton kedap air agresif kuat, yaitu beton yang tahan terhadap air yang mengandung garam-garam agresif minimal 1500 ppm. Penambahan kandungan abu terbang dapat menghemat semen sampai 180 kg per 1 m³ adukan beton (40 % dari berat semen). Beton dengan bahan tambah abu terbang lebih tepat digunakan untuk menghemat penggunaan semen dan menambah kekedapan beton terhadap air pada beton.

Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya didapat bahwa dengan penggantian sebagian berat semen oleh abu terbang sebesar 17 % akan menghasilkan tegangan beton yang maksimal, (Syakuri dan Haryadi, 1997).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muh. Rifai. S dan Haryadi (1997) dapat diambil kesimpulan, yaitu: tegangan beton untuk umur muda (dibawah 21 hari) akan memberikan hasil sedikit lebih rendah dibandingkan beton tanpa *Fly Ash*. Tegangan beton untuk umur diatas 21 hari presentasi pemakaian *Fly Ash* 10 %, 15 %, 20 % dan 25 % pada campuran beton akan menghasilkan tegangan yang lebih baik dari beton normal. Nilai modulus elastisitas beton pada umur 45 hari dengan *Fly Ash* akan memberikan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan beton tanpa *Fly Ash* sebesar 20 % akan memberikan nilai modulus elastisitas beton yang terbesar. Bertambah persentase *Fly Ash* yang digunakan bertambah pula nilai slumpnya.

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengacu dari hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan bahan pengganti semen yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dan kuat geser beton, sehingga menjadi bahan pertimbangan dan masukan dalam penelitian ini. Dari penelitian-penelitian diatas akan dapat memberikan gambaran dan pengetahuan dalam penelitian ini.

Pada penelitian ini akan di cari beban maksimum, nilai percobaan yang memenuhi f_c' , kuat tekan dan kuat geser beton yang diizinkan pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Tujuan pengujian kuat tekan dan kuat geser beton ini akan membandingkan beton tanpa bahan ganti sebagian semen (0 %) dengan beton yang menggunakan bahan pengganti sebagian dari semen (5 %, 10 %, 15 %, 20 %). Bahan pengganti sebagian semen diperoleh dari *Abu Vulkanik Gunung Merapi dan Kapur (Ca) bakar*.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan umum

Salah satu material yang paling sering digunakan dalam dunia konstruksi adalah beton. Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu masa mirip batuan (McCormac 2001).

Bahan campuran tambahan (admixture) adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen yang ditambahkan kedalam campuran beton sesaat atau selama pencampuran. Fungsi campuran tambahan tersebut adalah untuk mengubah sifat beton tersebut agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu atau ekonomis atau tujuan lain serta menghemat energi.

Beberapa pengertian dan definisi menurut SNI-T-15-1990-03 adalah sebagai berikut :

1. Semen yaitu bahan ikat hidrolis.
2. Agregat yaitu bahan batu-batuan yang netral dan merupakan bentuk sebagian besar beton (misal : pasir, kerikil, batu pecah).
3. Pasta semen yaitu campuran air dan semen.
4. Mortar yaitu campuran air, semen, agregat halus (pasir).
5. Beton yaitu campuran semen, agregat dan air.
6. Bahan tambah yaitu bahan tambah mineral/kimia yang ditambahkan ke dalam spesi beton.

Beton yang sudah keras dapat dianggap sebagai batu tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil, atau batu pecah) diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus pasir) dan pori-pori antara agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen). Pasta semen ini selain mengisi pori-pori diantara agregat halus juga berfungsi sebagai pengikat/perekat

dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat akan saling terikat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak/padat.

Parameter-parameter yang harus di cermati agar beton memenuhi spesifikasi teknik yang ditentukan (Nawy, 1985) adalah :

1. Kualitas semen
2. Proporsi semen terhadap campuran
3. Kekuatan dan kebersihan agregat
4. Interaksi antara semen dan agregat
5. Pencampuran beton
6. Penyelesaian dan pemadatan beton
7. Perawatan beton.

Menurut Tri Mulyono (2003), ada empat bagian utama yang mempengaruhi mutu dan kekuatan beton adalah :

1. Proposal bahan-bahan penyusun
2. Metode perancangan
3. Perawatan
4. Pengujian.

3.2 Material Penyusun Beton

3.2.1 Semen Portland (*Portland Cement*)

Joseph Aspdin pada tahun 1824 memperoleh hak paten atas semen temuannya yang diberi nama "*Portland Cement*", karena warnanya mirip dengan batuan yang ditambang di Pulau Portland, dekat pantai Dorset, Inggris. Joseph membuat semen tersebut dengan mengambil sejumlah tanah liat dan batu kapur, menghancurkannya, membakarnya dalam tungku dapurnya, dan kemudian menggiling abu yang dihasilkan menjadi suatu bubuk yang halus. Semen Portland pertama kali diproduksi di pabrik oleh David Saylor di Coplay Pennsylvania, Amerika Serikat pada tahun 1875. Sejak saat itu, Semen Portland berkembang dan terus dibuat sesuai dengan kebutuhan.

Semen Portland merupakan bahan bubuk halus yang mengandung kapur (CaO), silika (SiO₂), alumunia (Al₂O₃) dan oksida besi (Fe₂O₃). Komponen terbesar penyusun semen adalah kapur (60% - 65%). Semen Portland dibuat dengan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550°C dan menjadi klinker.

Kemudian klinker tersebut digiling halus menjadi semen dan ditambahkan *gypsum*. Semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat menjadi suatu massa yang kompak/padat. Semen bila dicampur dengan air membentuk adukan pasta, dicampur dengan pasir dan air menjadi mortar semen (PUBI 1982).

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat *adhesive* dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat (Salmon 1994). Dalam The Oxford Word Encyclopedia (2003), dijelaskan bahwa semen bubuk yang terdiri dari campuran *calcium silicates* dan *aluminates* yang dibuat dalam keadaan halus pada permukaan bentuknya, agar melekat satu sama lain.

Tabel 3.1 Unsur–unsur utama penyusun semen

Nama unsur	Simbol	Komposisi kimia	Kandungan (%)
Trikalsium Silikat	C_3S	$3CaO SiO_2$	50
Dikalsium Silikat	C_2S	$2CaO SiO_2$	25
Trikalsium Aluminat	C_3S	$3CaO Al_2O_3$	12
Tetrakalsium Alumnoferrite	C_4AF	$4CaOAl_2O_3Fe_3O_3$	8

Tabel 3.2 Prosentase komposisi unsur kimia semen

Unsur	Kandungan
Kapur (CaO)	60 - 65 %
Silika (SiO_2)	17 - 25 %
Alumunium (Al_2O_3)	3.0 - 8.0 %
Besi (Fe_2O_3)	0.5 - 6 %
Magnesium (NgO)	0.5 - 4 %
Sulfur (SO_3)	1 - 2 %
Soda/pothas ($Na_2O + K_2O$)	0.5 - 1 %

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland di Indonesia menurut (PUBI-1982) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

1. Jenis I

Semen jenis ini digunakan untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan syarat khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain. Menurut Ratmaya Urip (2002) kadar C_3S antara 48–52% dan kadar C_3A antara 10–15%.

2. Jenis II

Semen jenis ini dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Kadar C_3S sedang, sama besar dengan kadar C_3A , yaitu maksimal 8% alkali rendah.

3. Jenis III

Semen jenis ini dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi pada fase permulaan setelah terjadi pengikatan. Kadar C_3S -nya sangat tinggi dan butirannya sangat halus.

4. Jenis IV

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah, sehingga kadar C_3S dan C_3A rendah.

5. Jenis V

Semen portland yang dalam penggunaannya hanya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

3.2.2 Agregat

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, biasanya 60%-70% dari berat campuran beton (Mulyono 2005). Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat inipun menjadi penting. Karena itu perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan.

Agregat yang akan digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial agergates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya yaitu, agregat kasar dan agregat halus. Batasan antara agregat kasar dan agregat halus berbeda antara disiplin ilmu yang satu dengan yang lainnya. Meskipun demikian, dapat diberikan batasan ukuran antara

agregat halus dan agregat kasar yaitu 4.80 mm (*British Standard*) atau 4.75 mm (Standar ASTM). Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirannya lebih besar dari 4.80 mm (4.75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4.80 mm (4.75 mm). Agregat dengan ukuran lebih besar dari 4.80 mm dibagi lagi menjadi dua : yang berdiameter antara 4.80-40 mm disebut kerikil beton dan yang lebih dari 40 mm disebut kerikil kasar.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm. Agregat yang lebih besar dari 40 mm digunakan untuk pekerjaan sipil lainnya, misalnya untuk pekerjaan jalan, tanggul-tanggul penahan tanah, bronjong, atau bendungan, dan lainnya. Agregat halus biasanya dinamakan pasir, dan agregat kasar dinamakan kerikil, split, batu pecah, kricak, dan lainnya.

Semakin besar ukuran maksimum agregat yang dipakai akan berakibat semakin tinggi kekuatan betonnya. Hal ini karena pemakaian butir agregat besar menyebabkan pemakaian pasta yang lebih sedikit berarti porinya sedikit pula. Namun karena butir-butirnya besar mengakibatkan luas permukaannya lebih sempit, dan hal ini berakibat lekatan antara pasta semen dan agregatnya kurang kuat, dan karena butirannya besar dapat menghalangi susutan pasta, dan hal ini berakibat retakan-retakan kecil pada pasta sekitar butirannya. Hal ini dapat memperlemah kekuatan beton (Tjokrodimulyo 1992).

Dalam aplikasi pelaksanaan, agregat harus kuat, tahan lama, dan bersih. Jika terdapat debu atau partikel-partikel lain, debu dan partikel tersebut akan mengurangi ikatan antara pasta semen dengan agregatnya. Kekuatan agregat memberikan pengaruh penting pada kekuatan beton dan sifat-sifat agregat sangat mempengaruhi daya tahan beton (McCormac 2001).

3.2.3 Air

Di dalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan yang kedua sebagai pelicin campuran kerikil, pasir, dan semen agar memudahkan pencetakan (Murdock dan Brook 1981). Adapun air yang memenuhi syarat antara lain (Tjokrodimuljo 1992) :

1. Kejernihan warna.

2. Tidak mengandung klorida.
3. Tidak mengandung senyawa sulfat (cl) lebih dari 0,5 gr/lt.
4. Tidak mengandung lumpur dan benda-benda terapung lainnya yang dapat terlihat secara visual.
5. Tidak mengandung bahan perusak seperti fosfat, minyak, asam, alkali, dan bahan-bahan organis atau garam, dan
6. Khusus untuk pembuatan beton, air untuk perawatan tingkat keasamannya tidak boleh $pH > 6$, dan tidak boleh terlalu sedikit mengandung kapur.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut sebagai Faktor Air Semen (*water cemen ratio*). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Untuk air yang tidak memenuhi syarat mutu, kekuatan beton pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90 % jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar / suling (PBI 1989).

3.2.4 Bahan Tambahan

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (semen, air, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, atau selama proses pengadukan campuran beton. Bahan tambah digunakan untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton.

Menurut Trimulyono (2003) secara umum bahan tambah yang digunakan pada beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah admixture ditambahkan pada saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) yang dimaksudkan lebih banyak mengubah perilaku beton saat pelaksanaan pekerjaan jadi dapat dikatakan bahwa bahan tambah kimia (*chemical admixture*) lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan, sedangkan bahan tambah mineral (*additive*) ditambahkan

saat pengadukan dilaksanakan dan merupakan bahan tambah yang lebih banyak bersifat penyemenan jadi bahan tambah *additive* lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya.

3.2.4.1 Pozzolan

Menurut ASTM C 618–86 mutu *pozzolan* dibedakan menjadi 3 kelas, dimana tiap–tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. Pozzolan mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Ketiga kelas untuk masing–masing pozzolan adalah sebagai berikut (Murdock dan Brook, 1999) :

1. *Pozzolan* kelas N

Yaitu pozzolan alam atau hasil pembakaran, *pozzolan* yang dapat digolongkan di dalam jenis ini seperti tanah *daitomoc*, *opaline cherts*, *shales*, *tuff* dan abu vulkanik (*pumicete*), dimana bisa diproses melalui pembakaran ataupun tidak. Selain itu juga berbagai material hasil pembakaran yang memiliki sifat *pozzolan* yang baik.

2. *Pozzolan* kelas C

Yaitu jenis *fly Ash* yang mengandung CaO diatas 10 % yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub bitumen batubara.

3. *Pozzolan* kelas F

Yaitu jenis *fly Ash* yang menggunakan CaO kurang dari 10 % yang dihasilkan dari pembakaran *antarhacite* atau bitumen batubara.

Menurut proses pembentukannya atau asalnya di dalam ASTM 593–82, bahan *pozzolan* dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu sebagai berikut :

1. *Pozzolan* alam

Adalah bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau lava gunung berapi yang mengandung silikon aktif, yang bila dicampur dengan kapur padam akan mengadakan proses sementasi.

2. *Pozzolan* buatan

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

3.2.4.2 Abu Vulkanik

Pada penelitian ini akan digunakan bahan pozzolan berupa abu vulkanik yang berasal dari Gunung Merapi di Kabupaten Sleman dan Purworejo yang akan dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen. Abu vulkanik ini termasuk dalam *pozzolan* jenis N dan merupakan *pozzolan* jenis alam. Abu vulkanik yang digunakan lolos saringan no. 200 dengan tujuan untuk menghindari pengaruh perbedaan ukuran butiran dengan semen terhadap kekuatan beton.

Tabel 3.3 Unsur–unsur penyusun Abu Vulkanik gunung Merapi

Unsur	Kandungan
Kapur (CaO)	8.33%
Alumunium (Al ₂ O ₃)	18.37%
Besi (Fe ₂ O ₃)	18,59 %
Silika Dioksida (SiO ₂)	34.56%

Sumber : m-amin.com,2011

Menurut Kardiyono Tjokrodimuljo (1992), trass atau pozzolan bila dipakai sebagai pengganti sebagian semen Portland umumnya berkisar antara 10 % sampai 35 % dari berat semen, pada umur 28 hari kuat tekannya lebih rendah dari pada beton normal, namun sesudah 3 bulan (90 hari) kuat tekannya dapat sedikit lebih tinggi.

3.2.4.3 Kapur (Ca)

Sebagian besar (65–75 %) bahan kapur hidrolik terbuat dari batu gamping, yaitu kalsium karbonat beserta bahan pengikutnya berupa silika, alumunia, magnesia dan oksidasi besi.

Kapur tidak cocok untuk bangunan – bangunan di dalam air, karena membutuhkan udara yang cukup untuk mengeras. Sifat umum dari kapur adalah sebagai berikut :

1. Kekuatanya rendah
2. Berat jenis rata – rata 1000 kg/m³
3. Bersifat hidrolik
4. Tidak menunjukkan pelapukan
5. Dapat terbawa arus

Perawatan kapur dimulai setelah 1 jam dan setelah diakhiri 15 jam. Penggunaannya antara lain untuk adukan tembok, lapisan bawah plesteran, plesteran akhir, bahan pencampur semen dan sebagai bahan tambah jika beton akan diekspos (Alizar,2005).

3.3 Faktor Air Semen (fas)

Faktor air semen merupakan rasio perbandingan antara berat air dengan berat semen. Semakin rendah perbandingan air dengan semen, semakin tinggi kuat tekan beton. Kenaikan fas mempunyai pengaruh terhadap sifat-sifat beton seperti permeabilitas, ketahanan terhadap gaya dan cuaca, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur, dan kuat desak.

Hubungan antara faktor air semen (fas) dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams pada tahun 1919 sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{A}{B^{1,5X}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dengan : f_c' = Kuat tekan beton
 X = fas (Semula dalam proporsi volume)
 A, B = Konstanta

Dengan demikian, hubungan antara air-semen (fas) adalah semakin besar faktor air-semennya maka akan semakin rendah kuat tekan betonnya. Jika dilihat dari persamaan diatas semakin kecil faktor air-semen maka semakin tinggi kuat desak beton, tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat (Tjokrodimulyo 1995).

3.4 Perencanaan campuran (Mix Design)

Rencana campuran bertujuan untuk menentukan jumlah bagian dari masing-masing bahan, dalam hal ini semen, pasir, kerikil dan air. Pada penelitian ini, metode perencanaan beton menggunakan perencanaan cara Inggris atau dikenal dengan metode Departemen Pekerjaan Umum yang tertuang dalam SK-SNI-T-15-1990-03 "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal" yang merupakan adopsi dari cara *Department of Environment (DOE), Building*

Research Establishment, (Britain, 1975). Metode ini digunakan untuk mendapatkan beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi (minimal sesuai dengan rencana), mudah dikerjakan (*workability*), tahan lama/awet (*durability*), murah (*aspect economic cost*), kedap air, tahan sulfat, dan tahan terhadap serangan ion-ion klorida.

Tahapan perhitungan perencanaan campuran beton berdasarkan metode SK-SNI-T-15-1990-03, (Tri Mulyono, 2005), adalah sebagai berikut :

1. Kuat tekan rata-rata yang direncanakan

Nilai standar deviasi ditentukan dengan rumus :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

s = standar deviasi

x_i = kuat tekan beton

\bar{x} = kuat tekan rata-rata

n = jumlah data

Tabel 3.4 Nilai standart deviasi (S)

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

2. Nilai tambah atau margin

Nilai tambah atau margin dihitung menurut rumus :

$$m = k \times s \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

m = Nilai tambah

k = Tetapan statistik yang nilainya tergantung pada prosentase hasil uji yang lebih rendah dari f'_c (dalam hal ini diambil 1,64)

s = Standar deviasi

$$m = 1,64s \dots\dots\dots(3.4)$$

Jadi kuat tekan rencana yang ditargetkan :

$$f'_{cr} = f'_c + 1,64s \dots\dots\dots(3.5)$$

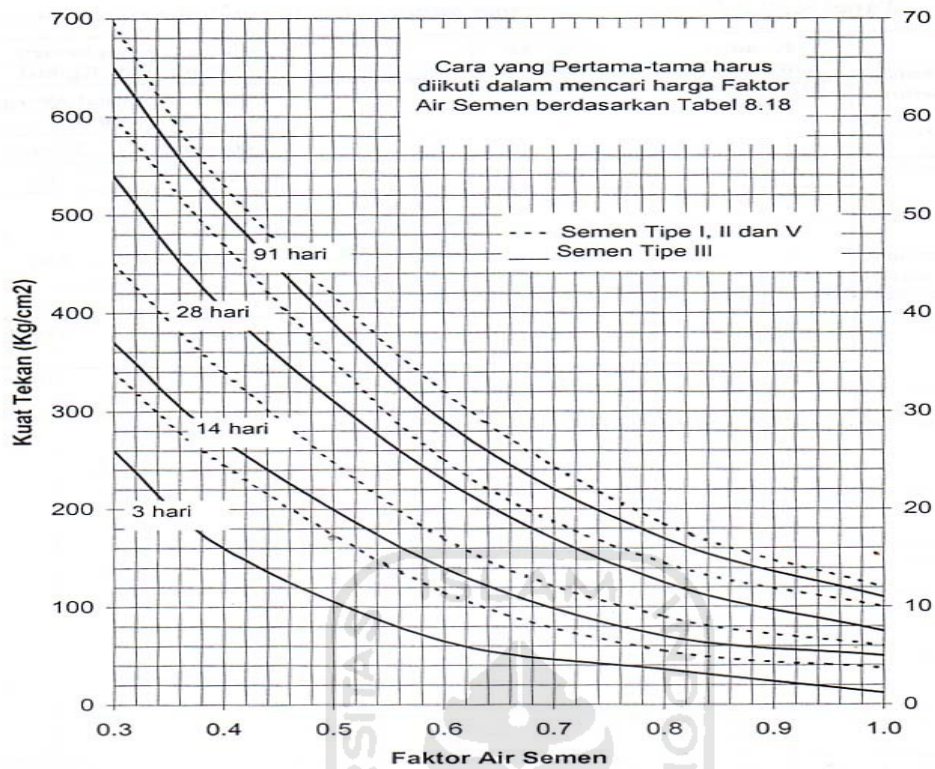
3. Pemilihan Faktor Air Semen

Faktor air semen diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan. Pedoman pemilihan FAS digunakan Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Perkiraan kuat tekan beton dengan FAS 0,50 dan jenis semen serta agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia, (SNI.T-15-1990-03:06)

JENIS SEMEN	JENIS AGREGAT KASAR	KUAT TEKAN (MPa), PADA UMUR (HARI)				BENTUK BENDA UJI
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I atau Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecah (alami)	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecah (alami)	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah (alami)	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah (alami)	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Menentukan faktor air semen (FAS) digunakan **Gambar 3.1**



Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005 : 186)

Gambar 3.1 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen untuk benda uji silinder (diameter 150 mm x 300 mm)

4. Menentukan nilai *Slump*

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan dan dipadatkan.

5. Menentukan Besar Butir Agregat Maksimum

Besar agregat maksimum sudah ditentukan.

6. Menentukan Kadar Air Bebas

Kadar air bebas ditentukan dengan menggunakan Tabel 3.6

Tabel 3.6 Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pekerjaan adukan.

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-100
10 mm	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20 mm	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
30 mm	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

Catatan :

Apabila agregat yang dipakai adalah agregat campuran (alami + batu pecah), maka kebutuhan air dihitung menurut rumus : $2/3 W_h + 1/3 W_k$

Dimana : W_h = Perkiraan jumlah air untuk agregat alami

W_k = Perkiraan jumlah air untuk batu pecah

7. Menghitung kebutuhan semen dengan cara kadar air bebas dibagi faktor air semen (FAS).
8. Menentukan jumlah semen minimum dengan Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Persyaratan jumlah semen minimum dan FAS maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

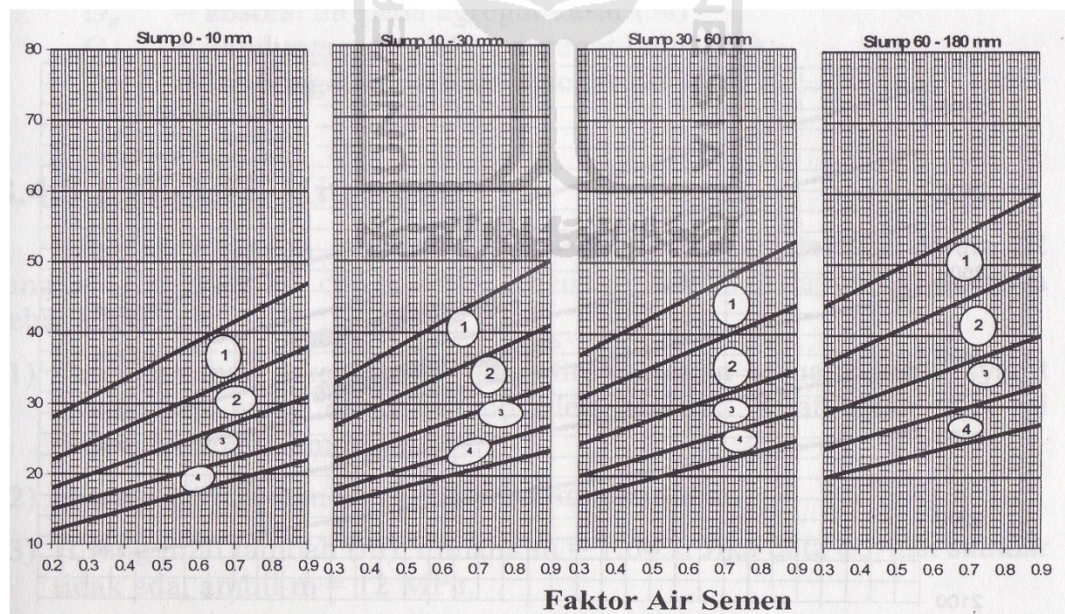
Deskripsi	Jumlah semen minimal dalam 1 m ³ beton (kg)	FAS
Beton didalam ruangan bangunan :		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6

Lanjutan tabel 3.7 Persyaratan jumlah semen minimum dan FAS maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Deskripsi	Jumlah semen minimal dalam 1 m ³ beton (kg)	FAS
Beton yang masuk kedalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	325	-
Beton yang terus menerus berhubungan dengan air	-	-
a. Air tawar	-	-
b. Air laut	-	-

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

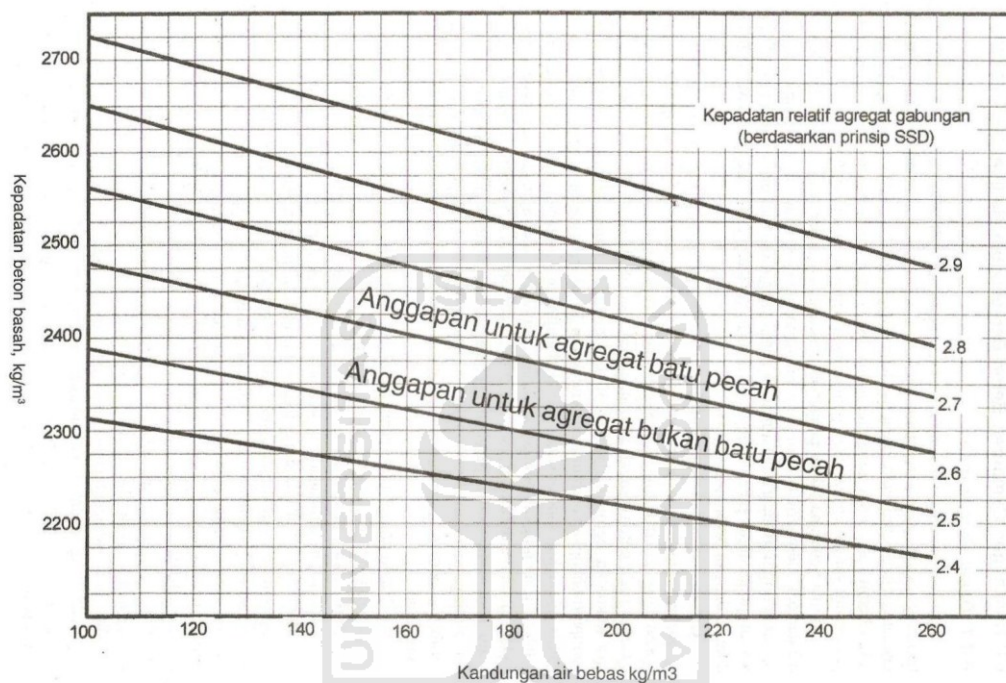
9. Menentukan jenis pasir yang digunakan.
10. Menentukan proporsi agregat halus berdasarkan nilai ukuran butir maksimum yang dipakai, FAS dan nilai *slump* serta zona gradasi agregat halus. Yang kemudian di plotkan kedalam Gambar 3.2.



Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

Gambar 3.2 Grafik persentasi jumlah pasir yang dianjurkan untuk daerah susunan butir 1, 2, 3, dan 4 dengan butir maksimum agregat 40 mm.

11. Menghitung berat jenis relatif agregat didapatkan berdasarkan hasil pengujian laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dapat dihitung dengan persamaan :
 Berat jenis (BJ) agregat gabungan = [%agregat halus x BJ agregat halus] + [% agregat kasar x BJ agregat kasar]. Nilai agregat gabungan kemudian diplotkan kedalam Gambar 3.3 untuk mendapatkan berat jenis beton dalam keadaan basah.



Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

Gambar 3.3 Grafik perkiraan berat jenis beton basah yang dimampatkan secara penuh.

12. Menghitung kadar agregat gabungan dapat dicari dengan :

Kadar agregat gabungan = berat jenis beton - [kebutuhan semen + kadar air bebas].

13. Menghitung kadar agregat halus dihitung dengan :

Kadar agregat halus = kadar agregat gabungan x susunan butir agregat halus

14. Menghitung kadar agregat kasar dihitung dengan :

Kadar agregat kasar = kadar agregat gabungan - kadar agregat halus

3.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya desak tertentu. Pada umumnya beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi. Karena mutu beton hanya ditinjau dari kuat tekannya saja. Umur beton berpengaruh pada kuat tekan beton (Kardiyono, 1992).

Pengukuran kuat tekan beton dilakukan dengan membuat benda uji pada saat pengadukan beton berlangsung. Benda uji berupa silinder beton dengan ukuran 150 mm dan tinggi 300 mm, benda uji umur 28 hari ini kemudian ditekan dengan mesin penekanan sampai pecah. Beban tekan maksimum yang memecahkan itu dibagi dengan luas penampang silinder maka diperoleh nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan dinyatakan dalam MPa atau kg/cm² dihitung dengan rumus sebagai berikut (Kardiyono, 1992) :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana :

- f_c' : kuat tekan masing-masing benda uji (Mpa)
- P : beban maksimum (N)
- A : luas penampang benda uji (mm²)

Nilai uji yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material yang heterogen, yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk dan ukuran, kecepatan pembebanan, dan oleh kondisi lingkungan pada saat pengujian. Dari kuat tekan masing-masing benda uji kemudian dihitung kuat tekan beton rata-rata (f_{cr}') pada umur 28 hari, dengan kuat desak yang disyaratkan (f_c') adalah 20 MPa.

$$f_{cr}' = \frac{\sum_{i=1}^{N=1} f_c'(i)}{N} \dots\dots\dots(3.7)$$

dimana :

- f_{cr}' : kuat tekan beton rata-rata (Mpa)
- f_c' : kuat tekan masing-masing benda uji (Mpa)
- N : jumlah semua benda uji yang diperiksa

3.6 Kuat Geser Beton

Balok beton dan tulangan tarik balok mampu mengerahkan kekuatan geser sebesar V_c . Nilai V_c diperoleh melalui uji laboratorium balok beton dan kemudian dirumuskan secara empiris menjadi V_c . Nilai V_c boleh diambil konstan, namun demikian dapat dihitung secara lebih teliti dengan memperhatikan rasio $\frac{V_u}{M_u}$.

Menurut SK-SNI 1991, kuat geser V_c yang dianggap konstan dapat dihitung dengan,

1. Untuk komponen yang dibebani oleh lentur dan geser (pasal 3.4.3.1)(1)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot h \dots\dots\dots (3.6)$$

2. Untuk komponen yang dibebani oleh gaya aksial desak (pasal 3.4.3.1)(2)

$$V_c = 2 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot h \dots\dots\dots (3.7)$$

3. Untuk menghitung kuat geser uji (V_{cu}) dan kuat geser teoritis (V_{ct})

$$V_{cu} = \frac{R}{b \cdot d} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$\text{dimana } R = \frac{P}{2} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$V_{ct} = 1/6 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (3.10)$$

Setelah nilai V_c ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah menghitung V_s . Apabila gaya geser oleh sengkang V_s telah diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menentukan jarak sengkang (s).

3.6.1 Kekuatan Geser

Dari berbagai hasil penelitian, rasio a/d merupakan faktor yang berpengaruh dan penting dalam menentukan kekuatan geser balok :

- a. Balok tinggi, dengan $a/d < 1/2$

Pada balok dengan $a/d < 1/2$, tegangan geser lebih menentukan dari pada tegangan lentur. Setelah retak miring akibat geser, balok cenderung berperilaku sebagai suatu busur, dimana beban ditahan oleh tegangan tekan beton dan tegangan tarik oleh tulangan memanjang.

b. Balok pendek dengan $1 < a/d < 1/2$

Seperti pada balok tinggi dengan kekuatan geser ultimit juga lebih besar dari kapasitas penyebab retak geser. Keruntuhan akan terjadi pada beban yang lebih besar dari beban yang menyebabkan retak miring, dan retak akan terus menjalar ke daerah tekan beton bila beban terus bertambah.

c. Balok dengan $2 < a/d < 6$,

Pada rasio ini, lentur mulai dominan, dan keruntuhan geser sering dimulai dengan retak lentur yang vertikal ditengah bentang dan retak akan semakin miring jika mendekati tumpuan yang tegangan gesernya semakin besar.

d. Balok panjang dengan $a/d > 6$

Pada kondisi ini, keruntuhan sepenuhnya ditentukan oleh ragam lentur.



BAB IV

METODA PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Dalam suatu penelitian agar pelaksanaan penelitian dan tujuan yang diinginkan dapat berjalan secara sistematis dan lancar, maka harus digunakan suatu metoda penelitian. Metoda penelitian yang digunakan disesuaikan dengan prosedur, alat, dan jenis penelitian.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji berupa silinder dengan $D = 15$ cm dan tinggi 30 cm untuk uji desak dan balok dengan ukuran panjang = 30 cm, lebar = 25 cm, dan tinggi = 5 cm untuk uji geser. Variasi penggunaan Abu vulkanik + kapur bakar sebagai pengganti sebagian semen (PC) direncanakan 5 variasi yaitu (0% abu + kapur bakar : 100% PC), (5% abu + kapur bakar : 95% PC), (10% abu + kapur bakar : 90% PC), (15% abu + kapur bakar : 85% PC), (20% abu + kapur bakar : 80% PC), dengan benda uji setiap variasi 30 buah. Pengujian dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

4.2 Bahan dan alat

Bahan dan alat yang digunakan harus dipersiapkan terlebih dahulu supaya pelaksanaan penelitian dapat berjalan dengan baik.

4.2.1 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen yang digunakan adalah Portland Cement (dianggap tipe I) dengan merk Tiga Roda kemasan 50 kg/sak
2. Agregat halus (pasir) yang digunakan mempunyai ukuran maksimal 5 mm
3. Agregat kasar (kerikil) yang digunakan mempunyai ukuran maksimal 2cm
4. Air berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
5. Menggunakan Abu Vulkanik Gunung Merapi dari daerah Sleman dan Purworejo serta kapur (Ca) bakar.

4.2.2 Peralatan

Untuk mencapai tujuan penelitian, maka diperlukan peralatan yang memenuhi syarat agar tujuan tersebut dapat dicapai. Peralatan yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah :

1. Mistar dan kaliper

Mistar digunakan untuk mengukur dimensi cetakan benda uji, sedangkan kaliper berfungsi sebagai pengukur tulangan seperti pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Mistar dan caliper

2. Saringan/ Ayakan

Ayakan uji digunakan untuk menganalisa gradasi butir halus dan kasar seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Satu set saringan

3. Oven

Oven digunakan dalam pengujian berat jenis pasir, dan pengujian bahan yang lain yang memerlukan keadaan kering tungku seperti pada Gambar 4.3.



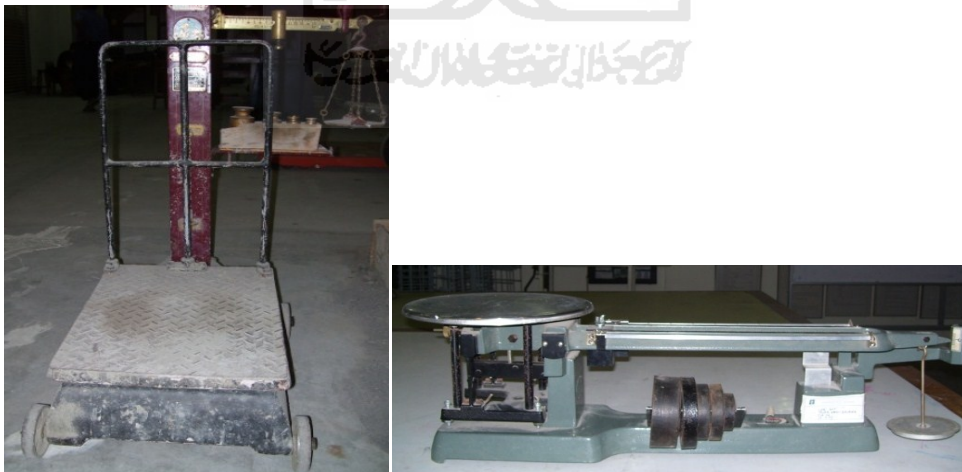
Gambar 4.3 Oven

4. Timbangan

Timbangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Timbangan merk "OHAUS" dengan kapasitas 20 kg,
- b. Timbangan merk "FAGANI" dengan kapasitas 100 kg.

Timbangan tersebut digunakan untuk mengukur berat bahan penyusun beton, yaitu semen, kerikil, dan pasir seperti pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Timbangan

5. Mesin uji tekan

Alat ini digunakan untuk mengetahui kuat tekan silinder beton yang telah dibuat. Dalam penelitian kali ini digunakan mesin uji desak tipe *ADR 3000* dengan kapasitas 3000 kN seperti pada gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Mesin uji tekan tipe *ADR 3000*

6. Mesin uji kuat geser

Mesin uji kuat geser digunakan untuk mengetahui kekuatan geser maksimum dan kuat leleh baja tulangan. Dalam penelitian ini digunakan *Universal Testing Machine (UTM)* merek *Shimatsu type UMH 30* dengan kapasitas 30 ton seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Mesin uji geser *Shimatsu type UMH 30*

7. *Mixer*/mesin pengaduk campuran beton

Alat ini digunakan untuk mencampur adukan beton seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 *Mixer*/mesin pengaduk campuran beton

8. Cetakan silinder beton

Cetakan silinder beton digunakan untuk mencetak benda uji yang berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Cetakan silinder beton

9. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menakar jumlah air yang diperlukan dalam pembuatan campuran beton atau pasta semen. Gelas ukur yang digunakan berkapasitas 2000 ml seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Gelas ukur

10. Slump test set

Alat ini digunakan pada saat melakukan pengujian *slump*, memiliki 2 lubang dengan diameter 10 cm pada bagian atas dan 20 cm pada bagian bawah dengan tinggi 30 cm. Alat ini dilengkapi dengan alat pemadat berupa tongkat baja dengan panjang 60 cm dan diameter 16 mm seperti pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 *Slump test set*

11. Dial Gauge

Cara kerja *dial gauge* dengan pengamatan dan pencatatan data lendutan tegangan dan regangan secara manual. Berikut adalah salah satu bentuk dari *dial gauge* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 *Dial Gauge*

4.3 Pemeriksaan Material Yang Akan Digunakan

4.3.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis dan prosentase air yang dapat diserap oleh agregat halus.

a. Alat yang digunakan :

1. Piknometer.
2. Tempat air.
3. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram kapasitas 5 kg.
4. Oven yang dilengkapi pengatur suhu.
5. Pan (loyang).
6. Saringan no.4 (4,75 mm).

b. Bahan yang digunakan :

Benda uji adalah agregat halus yang lewat saringan no.4 sebanyak kurang lebih 1 kg

c. Prosedur Pengujian :

1. Keringkan benda uji didalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air pada suhu ruang selama 24 jam.
2. Buang air perendaman dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas nampan, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji, lakukan pengeringan sampai tercapai jenuh permukaan kering (SSD).
3. Setelah tercapai kondisi ssd, ambil benda uji sebanyak ± 500 gram masukkan kedalam piknometer. Masukkan air suling sebanyak 90 % dari isi piknometer (dari tanda batas), putar sambil diguncang-guncang agar gelembung udara yang tersekap didalamnya dapat keluar.
4. Buang air dalam piknometer dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, kemudian masukkan lagi air suling kealam piknometer, sebanyak 90 % dari isi piknometer (dari tanda batas),

putar sambil diguncang-guncang agar gelembung udara yang tersekap didalamnya dapat keluar. Lakukan hingga minimal 12 kali.

5. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
6. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji, setelah benda uji dingin lalu timbang (Bk).
7. Timbang piknometer berisi air (B).

d. Perhitungan :

$$1. \text{ Berat jenis curah} = \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)} \dots\dots(4.1)$$

$$2. \text{ Berat jenis kering-permukaan jenuh} = \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \dots\dots(4.2)$$

$$3. \text{ Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \dots\dots(4.3)$$

$$4. \text{ Penyerapan Air} = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots(4.4)$$

4.3.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis dan prosentase air yang dapat diserap oleh agregat kasar.

a. Alat yang digunakan :

1. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm dengan kapasitas 5 kg.
2. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk sesuai pengujian.
3. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram kapasitas 20 kg.
4. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
5. Saringan no.4 (4,75 mm).

b. Bahan yang digunakan :

Benda uji adalah agregat kasar yang tertahan saringan no.4 sebanyak kurang lebih 5 kg.

c. Prosedur Pengujian :

1. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar 25° C selama 24 jam.
2. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering), untuk butir yang besar pengeringan harus dilakukan satu persatu.
3. Timbang benda uji dalam keadaan jenuh permukaan kering (Bj).
4. Letakkan benda uji dalam keranjang dan masukkan dalam air, kemudian keranjang digoyang-goyang untuk mengeluarkan gelembung udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (Ba).
5. Masukkan benda uji kedalam oven pada suhu (110 ± 5)° C sampai berat tetap.
6. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam sampai tiga jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,1 gram (Bk).

d. Perhitungan :

$$1. \text{ Berat jenis curah} = \frac{Bk}{(Bj - Ba)} \dots\dots\dots(4.5)$$

$$2. \text{ Berat jenis kering-permukaan jenuh} = \frac{Bj}{(Bj - Ba)} \dots\dots\dots(4.6)$$

$$3. \text{ Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(Bk - Ba)} \dots\dots\dots(4.7)$$

$$4. \text{ Penyerapan Air} = \frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots(4.8)$$

4.3.3 Pengujian Modulus Halus Butir (MHB) / Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk pembagian butir / gradasi agregat dengan menggunakan saringan.

a. Alat yang digunakan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Satu set saringan.
3. Mesin getar saringan.
4. Pan (loyang).
5. Sikat halus / kuas / sikat saringan.
6. Oven dengan pengatur suhu.

b. Bahan yang digunakan :

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus dari lapangan sebanyak 1,5 kg.

c. Prosedur Pengujian :

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$, sampai berat tetap.
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan digoncang dengan tangan atau mesin penggoncang saringan selama 15 menit.
3. Timbang berat agregat halus yang terdapat pada masing-masing ayakan.
4. Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

d. Perhitungan :

$$\text{MHB} = \frac{\sum \% \text{ Tertahan Komulatif Diatas Ayakan } 0,15 \text{ mm}}{100} \dots(4.14)$$

4.3.4 Pengujian Modulus Halus Butir (MHB) / Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian ini bertujuan untuk pembagian butir / gradasi agregat dengan menggunakan saringan

a. Alat yang digunakan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Satu set saringan.
3. Mesin getar saringan.
4. Pan (loyang).
5. Sikat halus / kuas / sikat saringan.
6. Oven dengan pengatur suhu.

b. Bahan yang digunakan :

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar dari lapangan sebanyak 5 kg.

c. Prosedur Pengujian :

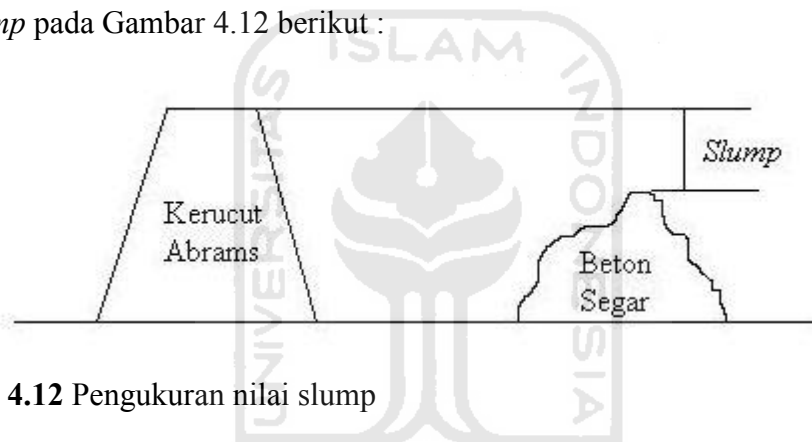
1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$, sampai berat tetap.
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan digoncang dengan tangan atau mesin penggoncang saringan selama 15 menit.
3. Timbang berat agregat halus yang terdapat pada masing-masing ayakan.
4. Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

d. Perhitungan :

$$\text{MHB} = \frac{\sum \% \text{ Tertahan Komulatif Diatas Ayakan } 0,15 \text{ mm}}{100} \dots\dots(4.15)$$

4.4 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams, pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat workabilitas (kemudahan dalam pengerjaan) dari campuran beton yang telah dibuat. Tabung kerucut Abrams bagian dalam dibasahi dengan air dan disiapkan diatas plat baja. Beton segar dimasukkan ke dalam tabung kerucut dan setiap 1/3 volumenya ditumbuk-tumbuk dengan penumbuk baja sampai isi kerucut Abrams penuh. Beton diratakan permukaannya, selanjutnya corong kerucut diangkat pelan-pelan secara vertikal tanpa ada gaya horisontal. Tabung kerucut diletakkan disebelahnya, pengukuran *slump* dilakukan dari bagian tertinggi beton segar sampai ujung atas kerucut Abrams. Nilai yang didapat merupakan nilai *slump*, penggambaran dari pengujian nilai *slump* pada Gambar 4.12 berikut :



Gambar 4.12 Pengukuran nilai slump

4.5 Model Benda Uji

4.5.1 Model Benda Uji Untuk Tekan

Untuk uji desak digunakan beton silinder dengan $D = 15$ cm dan tinggi = 30 cm. Masing – masing variasi dibuat sebanyak 15 buah dengan perincian sebagai berikut :

1. Beton Silinder dengan penambahan abu vulkanik dan kapur sebagai pengganti sebagian semen Portland.
 - a. Benda uji dengan kode BN merupakan benda uji standar (tanpa campuran abu vulkanik dan kapur bakar)
 - b. Benda uji dengan kode B5% dengan variasi 5 % abu vulkanik + kapur bakar : 95 % PC.

- c. Benda uji dengan kode B10% dengan variasi 10 % abu vulkanik + kapur bakar : 90 % PC.
- d. Benda uji dengan kode B15% dengan variasi 15 % abu vulkanik + kapur bakar : 85 % PC.
- e. Benda uji dengan kode B20% dengan variasi 20 % abu vulkanik + kapur bakar : 80 % PC.

4.5.2 Model Benda Uji Untuk Geser

Untuk uji geser digunakan beton balok dengan ukuran panjang = 30 cm, lebar = 25 cm, dan tinggi = 5 cm. Masing-masing variasi dibuat sebanyak 15 buah dengan perincian sebagai berikut :

1. Beton balok dengan penambahan abu vulkanik dan kapur sebagai pengganti sebagian semen Portland.
 - a. Benda uji dengan kode BN merupakan benda uji standar (tanpa campuran abu vulkanik dan kapur bakar)
 - b. Benda uji dengan kode B5% dengan variasi 5 % abu vulkanik + kapur bakar : 95 % PC.
 - c. Benda uji dengan kode B10% dengan variasi 10 % abu vulkanik + kapur bakar : 90 % PC.
 - d. Benda uji dengan kode B15% dengan variasi 15 % abu vulkanik + kapur bakar : 85 % PC.
 - e. Benda uji dengan kode B20% dengan variasi 20 % abu vulkanik + kapur bakar : 80 % PC.

4.6 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan secara bertahap, dan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik. Pembuatan benda uji dikerjakan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Melakukan perhitungan mix design supaya diperoleh komposisi campuran beton yang sesuai.

2. Mempersiapkan bahan-bahan campuran beton, seperti semen, air, kerikil, pasir, abu vulkanik, dan kapur bakar sesuai dengan komposisi campuran yang telah dihitung.
3. Persiapkan molen dan talam baja untuk melakukan proses pencampuran agregat, basahi alat terlebih dahulu dan dibersihkan karena apabila alat dalam keadaan kering akan menyerap sebagian air dari campuran beton.
4. Menyalakan molen. Pada saat molen mulai berputar diusahakan posisi molen selalu dalam keadaan miring sekitar 45° , agar didapat adukan yang merata dan tidak menggumpal.
5. Agregat kasar (kerikil) dimasukkan sebagian terlebih dahulu ke dalam molen.
6. Agregat halus (pasir) dimasukkan sebagian kemudian tunggu hingga adukan merata.
7. Setelah merata masukan semen sebagian.
8. Masukkan abu vulkanik dan kapur bakar.
9. Tuangkan air sesuai kebutuhan sedikit demi sedikit ke dalam molen menggunakan gelas ukur agar terkontrol.
10. Lakukan kembali dengan sebagian material bahan yang belum tertuang ke dalam molen dengan cara yang sama.
11. Setelah adukan terlihat merata, sebagian adukan dituang ke talam baja dan dilakukan pengujian *slump*.
12. Pengujian *slump* dengan menggunakan kerucut *Abrams* yaitu berupa kerucut terpancung dengan ukuran diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm. Pelaksanaan pengukuran *slump*, dilakukan dengan memasukkan adukan secara bertahap sebesar $\frac{1}{3}$ isi cetakan, setiap lapis ditumbuk dengan tongkat penumbuk sebanyak 25 tumbukan secara merata, tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan, pada lapisan pertama penusukan bagian tepi tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan. Setelah kerucut penuh dan sisi atasnya diratakan. Selanjutnya kerucut diangkat secara perlahan-lahan vertikal keatas, seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai cetakan diangkat harus selesai dalam jangka waktu 2,5 menit. Balikan cetakan dan letakan

perlahanlahan disamping benda uji, ukurlah *slump* yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi benda uji.

13. Mempersiapkan cetakan-cetakan silinder dan balok yang akan dipakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi oli.
14. Menuangkan semua adukan beton dari molen ke talam baja.
15. Memasukkan adukan beton ke dalam cetakan-cetakan silinder dan balok dengan menggunakan cetok sedikit demi sedikit secara bertahap $\frac{1}{3}$ bagian sambil ditumbuk-tumbuk menggunakan tongkat penumbuk sebanyak 25 kali, dan dengan memukul-mukul dinding luar cetakan dengan menggunakan martil karet sehingga gelembung-gelembung udara yang ada di dalam campuran naik kepermukaan sehingga beton menjadi lebih padat. Pemukulan oleh pemukul atau palu karet dapat dilakukan sebanyak 10 sampai 15 kali.
16. Setelah selesai dipadatkan, permukaannya diratakan dengan batang penumbuk bila kekentalannya memungkinkan dan menggunakan kaca apabila kekentalannya tidak memungkinkan.
17. Adukan yang dicetak diletakkan ditempat yang terlindung dari hujan, matahari dan setelah 24 jam cetakan dapat dibuka.
18. Lepaskan benda uji dari cetakan setelah 24 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.
19. Benda uji yang telah dilepaskan dari cetakannya diberi kode/tanda agar benda uji teridentifikasi dan tidak saling tertukar dan serta mudah dikelompokkan dan ditempatkan di dalam tempat perendaman hingga 28 hari.
20. Beton direndam selama 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Beton diangkat dan dikeringkan selama 2 hari sebelum pengujian, kemudian di uji kekuatannya, demikian selanjutnya.

4.7 Pengujian Benda Uji

4.7.1 Uji Tekan Beton Silinder

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kuat tekan optimal beton. Untuk tahap ini melalui langkah – langkah sebagai berikut :

1. Benda uji diambil dari tempat perendaman ke tempat pengujian.
2. Dibersihkan dari kotoran yang menempel pada beton silinder.
3. Menimbang benda uji.
4. Mengukur dimensi benda uji.
5. Benda uji diletakkan diatas alat uji secara sentris.
6. Mesin uji tekan dihidupkan, pembebanan diberikan dari 0 kN hingga benda uji hancur, dan besar beban maksimal dicatat sesuai pembacaan. Pengujian menggunakan mesin desak dengan merk ELE tipe ADR 3000 dengan kapasitas 3000 KN..

Pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 4.13. berikut :



Gambar 4.13 Uji Tekan Pada Silinder

4.7.2 Uji Geser Beton Balok

Pengujian kuat geser dilakukan untuk mengetahui kuat geser optimal beton. Untuk tahap ini melalui langkah – langkah sebagai berikut :

1. Benda uji diambil dari tempat perendaman ke tempat pengujian.
2. Dibersihkan dari kotoran yang menempel pada beton silinder.
3. Menimbang benda uji.
4. Mengukur dimensi benda uji.

5. Benda uji diletakkan diatas alat uji secara sentris dengn jarak tumpuan yang telah ditentukan.
6. Mesin dihidupkan dengan beban bertingkat dengan kecepatan beban tertentu.
7. Pembebanan dilakukan samapai benda uji hancur dan dicatat beban maksimum yang terjadi.

Pengujian kuat geser beton dapat dilihat pada Gambar 4.14. berikut :



Gambar 4.14 Uji Kuat Geser Pada Balok

4.7.3 Pengujian Tegangan-Regangan Beton.

Langkah-langkah yang ditempuh dalam pengujian tegangan-regangan beton adalah:

1. Pengujian dilakukan pada hari ke 28 setelah pencetakan beton. Sehari sebelum dilakukan pengujian beton diangkat dari kolam perendaman, kemudian beton ditimbang dan diukur dimensinya menggunakan kaliper dengan ketelitian ukur 0,05 mm, pengukuran meliputi panjang dan diameter silinder.
2. Silinder beton diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat tekan beton.
3. Mesin uji tekan dihidupkan, pembebanan diberikan dari 0 kN hingga benda uji hancur, dan besar tegangan-regangan dicatat sesuai pembacaan

sampai beban maksimum. Pengujian menggunakan mesin desak dengan merk ELE tipe ADR 3000 dengan kapasitas 3000 KN.

Pengujian tegangan regangan dapat dilihat pada Gambar 4.15. berikut :



Gambar 4.15 Pengujian Tegangan Regangan

4.8 Perhitungan Campuran Beton (Mix Design)

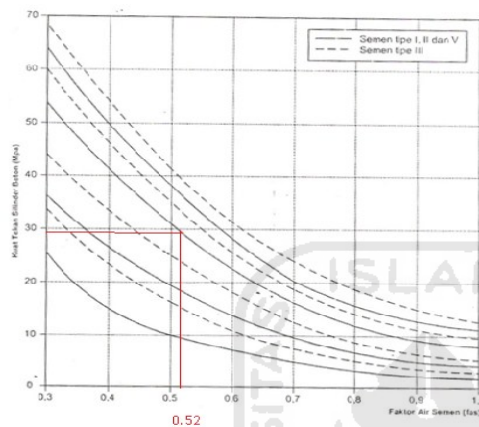
Perencanaan campuran adukan beton dengan metode DOE (Department of Environment) adalah sebagai berikut ini :

Kuat desak rencana	: 20 MPa
Jenis semen	: Semen Jenis I
Jenis pasir	: Agak kasar (termasuk gradasi II)
Jenis kerikil	: Batu pecah
Ukuran maksimum kerikil	: 20 mm
Nilai slump	: 75 mm – 150 mm
Berat jenis pasir	: 2,6 kg/m ³
Berat jenis kerikil	: 2,7248 kg/m ³

Langkah – langkah perencanaan :

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari : 20 MPa
2. Deviasi standart $S = 5,6$ MPa
3. Nilai tambah 9,184 Mpa.

4. Kuat tekan rata-rata yang direncanakan, $f_c' r = 20 + 9,184 = 29,184$ MPa
5. Menetapkan jenis semen : semen Portland Jenis I
6. Menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil)
Digunakan jenis pasir agak kasar (termasuk daerah gradasi II)
Digunakan jenis kerikil batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm.
7. Menetapkan faktor Air Semen
Cara I = 0,52 (didapat dari grafik hubungan faktor air semen dan kuat tekan)



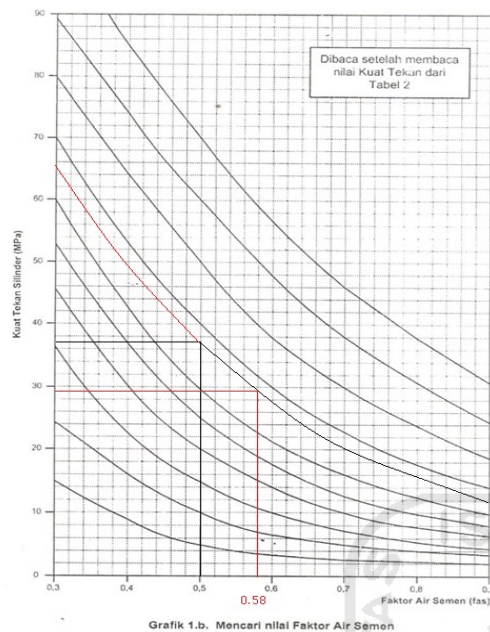
Gambar 4.16 Grafik Hubungan faktor air semen dan kuat tekan

Cara II = 0,6 (didapat dari tabel persyaratan fas maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus)

Tabel 4.1 Persyaratan F A S maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

JENIS PEMBETONAN	FAS MAKSIMUM
Beton didalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton di luar ruang bangunan :	
a. Tidak terlindungi oleh hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. Terlindung oleh hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah-kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Tabel 3.b buku praktikum BKT
Beton yang selalu terhubung dengan air tawar / payau / laut	Tabel 3.c buku praktikum BKT

Cara III = 0,58 (didapat dari grafik hubungan faktor air semen dan kuat tekan,dimana kuat tekan dari tabel fas 0,50).



Gambar 4.17 Grafik hubungan faktor air semen dan kuat tekan

Dari kedua nilai F A S diatas dipakai F A S yang terendah yaitu = 0,52

8. Menetapkan nilai slump = 7,5 cm – 15 cm

Tabel 4.2 Penetapan Nilai Slump (cm)

Pemakaian Beton :	Maksimum	Minimum
Dinding, Plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Plat, Balok, Kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

9. Ukuran butir agregat batu pecah maksimum (dari pengayakan) : 20 mm.

10. Menetapkan kebutuhan air

Pasir Alami (Wh) : 195 L

Kerikil pecah maksimal 20 mm (Wk) : 225 L

$$\text{Kebutuhan Air} = \frac{2}{3} \text{Wh} + \frac{1}{3} \text{Wk}$$

$$= \frac{2}{3} 195 + \frac{1}{3} 225$$

$$= 205 \text{ L}$$

Tabel 4.3 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter)

Besarnya ukuran maks kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
30	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

11. Menentukan kebutuhan semen.

$$= \frac{\text{air}}{\text{Faktor air semen}}$$

$$= \frac{205}{0,52} = 394,23 \text{ kg}$$

12. Kebutuhan semen minimum = 325 kg (tabel 4.4)

Tabel 4.4 Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

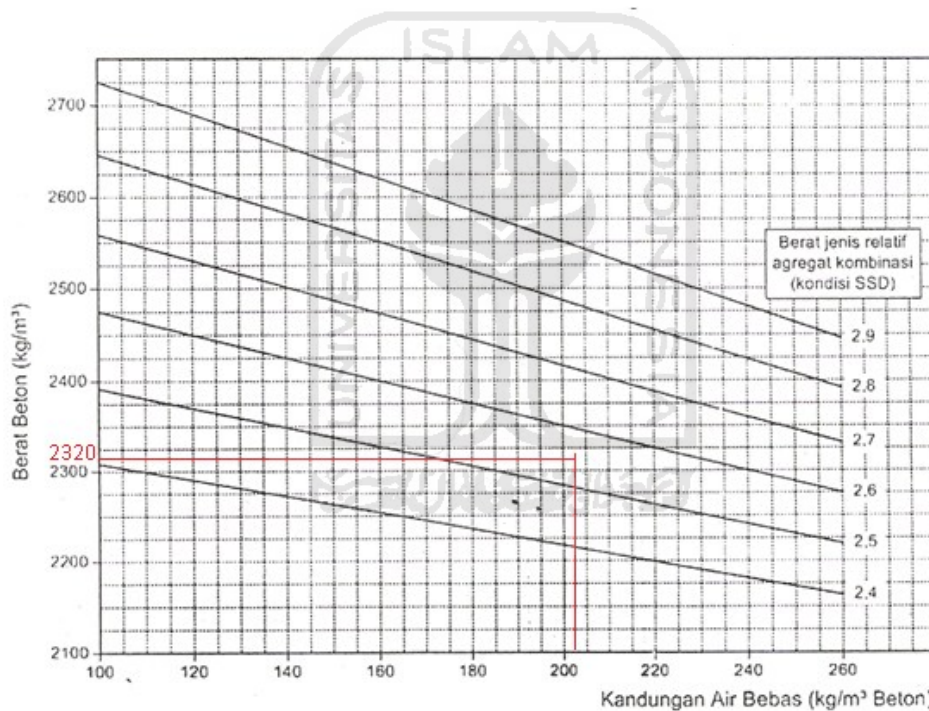
JENIS PEMBETONAN	Semen minimum (kg/m ³ beton)
Beton didalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling korosif	275
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	325
Beton di luar ruang bangunan :	
a. Tidak terlindungi oleh hujan dan terik matahari langsung	325
b. Terlindung oleh hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk kedalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah-kering berganti-ganti	325
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Tabel 3.b buku praktikum BKT
Beton yang selalu terhubung dengan air tawar / payau / laut	Tabel 3.c buku praktikum BKT

Dari kedua kebutuhan semen diatas dipakai kebutuhan semen terbesar yaitu 394,23 kg.

13. Persentase pasir dan kerikil = 43 % dan 57 % (Gafik hubungan fas, slump dan ukuran butir maksimum)
14. Menentukan berat jenis agregat campuran pasir dan kerikil

$$\begin{aligned}
 &= \frac{P}{100} \times bj_{agregat\ halus} + \frac{K}{100} \times bj_{agregat\ kasar} \\
 &= \left(\frac{43}{100} \times 2,6 \right) + \left(\frac{57}{100} \times 2,7248 \right) \\
 &= 1,118 + 1,5531 \\
 &= 2,665
 \end{aligned}$$

15. Menentukan berat jenis beton = 2320 Kg/m³ (gambar 4.16)



Grafik 3 Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat campuran dan Berat Isi Beton

Gambar 4.18 Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton

16. Menentukan kebutuhan berat pasir dan kerikil :

Berat pasir + kerikil = berat beton – kebutuhan air – kebutuhan semen

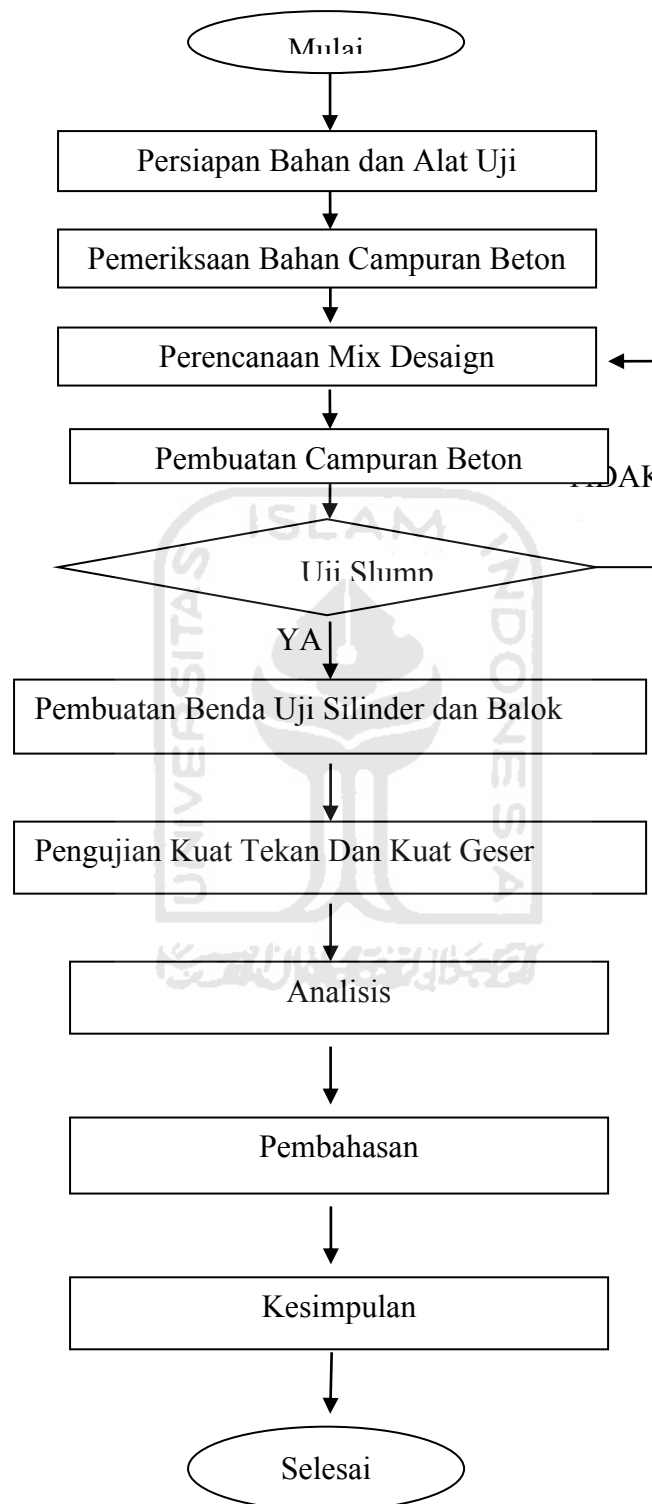
$$W_{psr} + W_{krkl} = W_{btn} - A - S$$

5. Volume = $p \times l \times t$
= $(0,30 \times 0,25 \times 0,06) \times 15 = 0,0675 \text{ m}^3$
6. Kebutuhan material untuk cetakan balok 1 variasi
- a. Air = $205 \times 0,0675 = 13,84 \text{ kg}$
 - b. Semen = $394,23 \times 0,0675 = 26,61 \text{ kg}$
 - c. Pasir = $739,93 \times 0,0675 = 49,95 \text{ kg}$
 - d. Kerikil = $980,84 \times 0,0675 = 66,21 \text{ kg}$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.



4.9 Bagan Alir Penyusunan Tugas Akhir



Gambar 4.19 Langkah-langkah Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Seluruh tahap pekerjaan yang direncanakan pada penelitian ini telah selesai dilaksanakan. Dimulai dari tahap perhitungan campuran beton, pengecekan berat jenis dan MHB dari pasir dan kerikil, kemudian persiapan bahan dan material, pembuatan benda uji, sampai dengan pengujian kuat tekan dan kuat geser. Penelitian ini berupa studi eksperimen yang dilakukan di laboratorium, yaitu di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

Dalam bab ini, penulis akan menyajikan permasalahan yang timbul dalam proses pembuatan benda uji, hasil penelitian, pembahasan dan analisis data hasil penelitian berdasarkan teori yang mendukung analisis dari penelitian. Setelah melaksanakan penelitian dan pengujian di laboratorium, maka hal yang akan menjadi bahasan :

1. Membandingkan kuat desak dan kuat geser beton abu vulkanik sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.
2. Membandingkan tegangan regangan antara beton abu vulkanik sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% pada umur 28 hari.
3. Membandingkan modulus elastisitas antara beton beton abu vulkanik sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% pada umur 28 hari.

Sebelum pengujian dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan pengukuran dimensi dan berat sampel benda uji beton untuk mengetahui berat volume beton. Uji kuat tekan dilakukan dengan meletakkan benda uji pada mesin uji tekan kemudian diberi beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban

tertentu sampai beban maksimum. Pengujian kuat tekan beton digunakan mesin tekan (*Compression Testing Machine*) dengan mesin uji tekan merek ELLE tipe ADR 3000 dengan kapasitas 3000 KN.

Hal terpenting yang perlu diperhatikan dalam semua pengujian yang akan dilakukan adalah kondisi permukaan benda uji. Permukaan yang rata akan menghasilkan nilai kuat tekan, tegangan regangan dan modulus elastisitas yang baik karena distribusi beban akan tersebar secara merata keseluruhan permukaan benda uji. Hasil penelitian yang merupakan data kasar dari percobaan yang dilakukan, selanjutnya dianalisis untuk mengetahui berapa besar pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu vulkanik terhadap kuat tekan dan tarik beton.

5.2 Hasil Uji Material

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji, perlu dilakukan uji material. Uji material berfungsi untuk mengetahui berat jenis agregat. Hasil dari uji material akan dipergunakan untuk perhitungan campuran beton. Adapun hasil dari uji pemeriksaan berat jenis agregat halus dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut

Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Uraian	Hasil
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	470
Berat Pasir kondisi jenuh kering muka, gram (ssd)	500
Berat pikno meter berisi pasir dan air, gram (Bt)	1156,50
Berat pikno meter berisi air, gram (B)	849
Berat jenis curah, $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,44
Berat jenis jenuh kering muka $500 / (B + 500 - Bt)$	2,60
Berat jenis semu $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,89
Penyerapan air $(500 - Bk) / Bk \times 100 \%$	6,38%

Dari hasil uji pemeriksaan berat jenis agregat halus dapat dilihat berat jenis pasir yang digunakan sebesar 2,60 gr/cm³ dan penyerapan air sebesar 6,38%.

Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Uraian	Hasil
Beratkerikilkeringmutlak, gram (Bk)	4926,40
Beratkondisijenuhkeringmuka, gram (Bj)	5000
Beratkerikildalam air, gram (Ba)	3165
Beratjeniscurah, $Bk / (Bj - Ba)$	2,68
Beratjenisjenuhkeringmuka, $Bj / (Bj - Ba)$	2,74
Beratjenissemu $Bk / (Bk - Ba)$	2,79
Penyerapan air $(Bj - Bk) / Bk \times 100 \%$	1,49%

Darihasil uji pemeriksaan berat jenis agregat halus dapat dilihat berat jenis pasir yang digunakan sebesar 2,74 gr/cm³ dan penyerapan air sebesar 1,49%.

5.2.1 Gradasi Agregat Halus dan Modulus Halus Butir (MHB)

Gradasi agregat dinyatakan dengan nilai persentase banyaknya agregat yang tertahan atau lolos suatu susunan ayakan tertentu dan untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Dari pemeriksaan analisa saringan juga diperoleh hasil modulus halus butir dan kandungan lumpur agregat halus, makin besar nilai MHB suatu agregat menunjukkan makin besar ukuran agregatnya. Umumnya agregat halus mempunyai MHB sekitar 1,5 – 3,8 (Tri Mulyono2003). Adapun data-data yang diperoleh dari uji analisis gradasi agregat halus yang telah dilakukan oleh peneliti dapat dilihat dalam tabel 5.3 berikut :

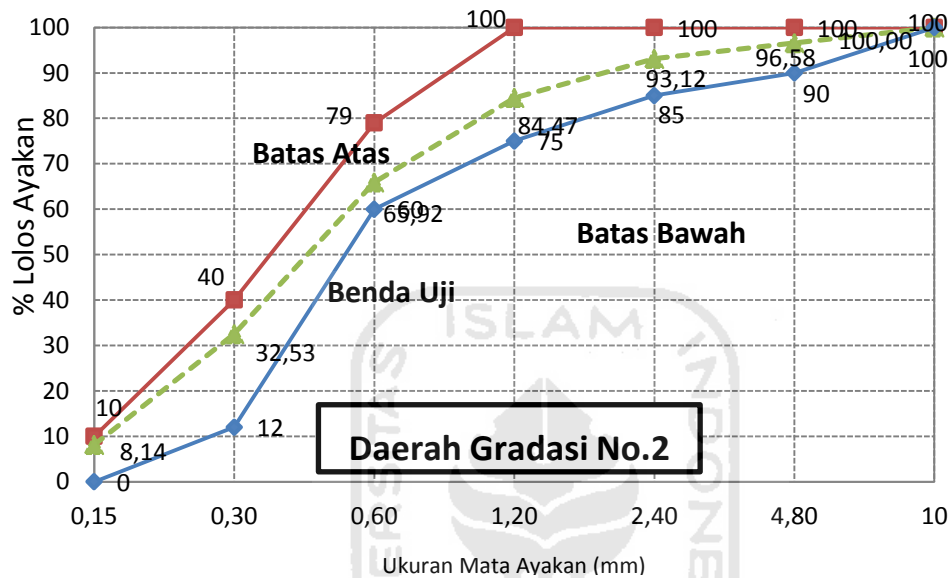
Tabel 5.3.Gradasi Agregat Halus

Lubangayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10	0	0,00	0,00	100,00
4,80	95	3,42	3,42	96,58
2,40	96	3,46	6,88	93,12
1,20	240	8,65	15,53	84,47
0,60	515	18,55	34,08	65,92
0,30	927	33,39	67,47	32,53
0,15	677	24,39	91,86	8,14
Sisa	226	8,14	100,00	-
Jumlah	2776	100,00	319,24	

$$\text{MHB} = \frac{\% \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{\% \text{ Berat kumulatif}} = \frac{319,24}{100} = 3,19$$

Grafik kurva gradasi agregat halus alami ini dapat dilihat pada Gambar 5.1.

berikut :



Gambar 5.1 Kurva Gradasi Agregat Halus

Menurut gambar 5.1 diatas, pasir yang digunakan masuk gradasi II (Pasir agak kasar) dan nilai mhbnya adalah 3,19.

5.2.2 Gradasi Agregat Kasar dan Modulus Halus Butir

Adapaun data-data yang didapat dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut :

Tabel 5.4. Gradasi Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	244,00	4,880	4,880	95,120
10,00	3369	67,380	72,260	27,740
4,80	1362	27,240	99,500	0,500
2,40	0	0,000	99,500	0,500
1,20	0	0,000	99,500	0,500

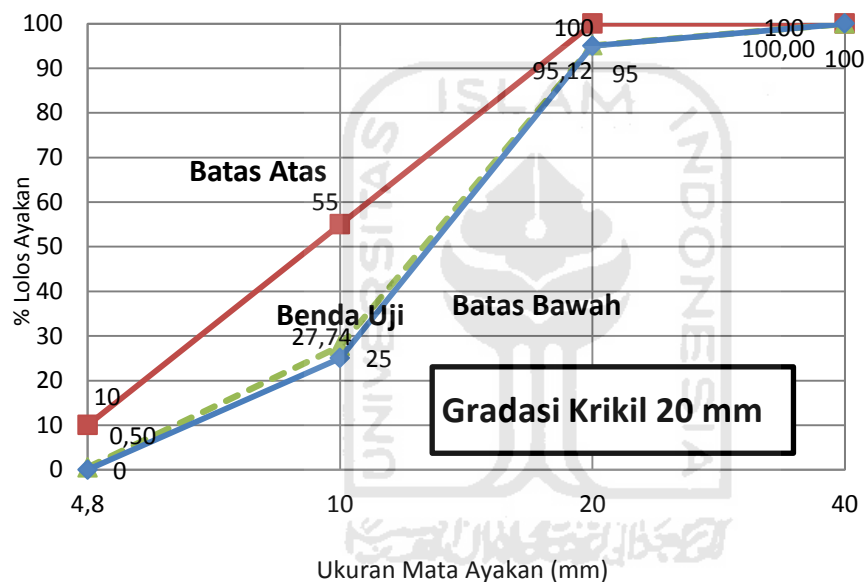
Lanjutan Tabel 5.4 Gradasi Agregat Kasar

0,60	0	0,000	99,500	0,500
0,30	0	0,000	99,500	0,500
0,15	0	0,000	100,000	0,000
Sisa	25	0,500	-	-
Jumlah	5000	100,000	674,640	225,36

$$\text{MHB} = \frac{\% \text{Kumulatif Berat Tertahan}}{\% \text{Berat Tertahan}} = \frac{674,64}{100} = 6,74$$

Grafik kurva gradasi agregat halus alami ini dapat dilihat pada Gambar 5.2

berikut :

**Gambar 5.2** Kurva Gradasi Agregat Kasar

5.3 Material Penyusun benda Uji

Dalam pembuatan benda uji ini, material penyusunnya adalah semen portland, pasir, krikil dan bahan pengganti sebagian semen. Dalam penelitian ini bahan pengganti sebagian semen yang digunakan adalah abu vulkanik dan kapur (Ca) bakar. Karena tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan dan mengetahui pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu vulkanik + kapur (Ca) bakar, maka komposisi campuran betonnya tidak sama untuk setiap variasi. Untuk itu dalam mix design, kebutuhan semen dan abu vulkanik + kapur (Ca) bakar berbeda untuk setiap variasinya.

Dari perhitungan mix design diperoleh komposisi kebutuhan material untuk 1 adukan beton dengan jumlah 30 benda uji sesudah dikalikan faktor 15% seperti pada tabel 5.5. Faktor pengali 15% diambil untuk mengantisipasi kekurangan bahan material pada saat pelaksanaan pencampuran atau pembuatan adukan beton segar, karena kemungkinan ada material yang menempel pada molen dan pada alat-alat lain yang dipakai.

Tabel 5.5 Komposisi kebutuhan material

VARIASI	SEMEN (Kg)	PASIR (Kg)	KERIKIL (Kg)	ABU VUL (Kg)	Ca (Kg)	AIR (L)
0%	69,64	125,11	165,81	0,00	0,00	34,66
5%	66,16	125,11	165,81	2,79	0,24	34,66
10%	62,68	125,11	165,81	5,57	0,48	34,66
15%	59,20	125,11	165,81	8,36	0,73	34,66
20%	55,72	125,11	165,81	11,14	0,97	34,66
JUMLAH	313,40	625,54	829,04	27,86	2,42	173,31

5.4 Nilai Slump

Dalam penelitian ini, nilai slump yang direncanakan yaitu 7,5-15 cm. Dalam perhitungan mix design untuk mencari kebutuhan air bebas digunakan batu pecah 20 mm. Hasil nilai slump dari berbagai variasi adalah sebagai berikut:

Tabel 5.6 Nilai Slump

VARIASI	SLUMP(cm)	Perubahan Jumlah Air (L)	FAS
0%	14,50	-	0,52
5%	12,50	(-) 0,60	0,49
10%	14,50	(-) 0,70	0,56
15%	14,00	(-) 0,75	0,54
20%	13,50	(-) 0,80	0,56

Dari hasil pengujian slump untuk semua variasi, terjadi ketidak linieran hasil nilai slumpnya. Ini terjadi karena beberapa faktor diantaranya nilai FAS yang berbeda-beda, kondisi agregat penyusun yang kurang SSD, dan ukuran dan kondisi agregat yang kurang seragam.

5.5 Perhitungan Berat Volume Beton`

Berat volume adalah perbandingan antara berat beton dengan volume beton. Untuk menentukan berat volume beton keras pada benda uji silinder, dapat dicari dengan membagi berat beton terhadap volume silinder. Salah satu perhitungan berat volume sebagai berikut :

1. Beton Variasi 0% (No 1, pengujian 3 hari)

$$\text{Diameter} = 15,11 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi} = 30,10 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{4} \pi D^2 t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15,11^2 \times 30,10 \\ &= 5394672,45 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Berat} = 12,10 \text{ Kg}$$

2. Menghitung berat volume

$$\begin{aligned} \text{Berat volume} &= \frac{\text{berat}}{\text{volume}} \\ &= \frac{12,10}{(5394672,45/10^9)} \\ &= 2258,76 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, dihitung benda uji 1-3 untuk semua variasi dan pada setiap umur pengujian. Adapun hasil perhitungan berat volume untuk selengkapnya ada pada lampiran sedangkan untuk contoh perhitungan dipakai silinder variasi 0% pengujian 3 hari seperti pada tabel 5.7 dan hasil rekapitulasi berat volume beton silinder pada tabel 5.8 dan berat volume beton balok pada tabel 5.9 berikut :

Tabel 5.7 Contoh Perhitungan Berat Volume Beton Silinder (0% umur 3 hari)

Benda Uji	No	Dimensi Benda uji		Berat (Kg)	Volume Benda Uji (cm ³)	Berat Volume (Kg/cm ³)	Rerata
		Diameter (cm)	Tinggi (cm)				
BN silinder	1	15,11	30,10	12,10	5394672,45	2242,95	2258,76
	2	15,05	30,40	12,10	5405255,66	2238,56	
	3	15,01	30,06	12,20	5316428,99	2294,77	

Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Beton Silinder

Benda uji	Berat Volume Rerata (Kg/m ³)
BN	2274,15
B5%	2253,90
B10%	2275,21
B15%	2253,97
B20%	2277,46

Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Beton Balok

Benda uji	Berat Volume Rerata (Kg/m ³)
BN	2278,81
B5%	2279,74
B10%	2284,47
B15%	2286,47
B20%	2289,92

Secara umum semakin tinggi berat volume betonnya, maka diasumsikan semakin rapat dan padat beton tersebut dan juga semakin sedikit pula rongga-rongganya, sehingga kuat tekan dan gesernya pun juga akan tinggi. Terlihat pada tabel 5.8, umur 28 hari variasi beton normal (0%) mempunyai berat volume rerata yang minimum dibandingkan beton variasi 10% dan 20%. Seharusnya beton 5% dan 15% juga lebih tinggi berat volumenya dibandingkan beton normal, tetapi dari tabel 5.7 nilai berat volumenya lebih kecil dibandingkan beton normal. Hal ini dipengaruhi oleh proses pemadatan dalam pembuatan benda uji yang kurang maksimal. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggantian sebagian semen dengan abu vulkanik dan kapur (Ca) bisa berfungsi sebagai *filler*. *Filler* akan berpengaruh terhadap kepadatan beton, karena akan mengisi rongga-rongga kecil pada beton sehingga beton akan semakin padat. Dengan semakin padatnya beton, berat beton akan semakin meningkat.

5.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, dimana benda uji silinder diletakkan secara vertikal kemudian diberi beban tekan

bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu. Pengujian kuat tekan dilaksanakan setelah benda uji silinder (diameter 150 mm, dan tinggi 300 mm) diberi perawatan dalam air dan telah berumur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton pada tiap variasinya. Dibawah ini adalah contoh perhitungan Kuat Tekan dari hasil pengujian :

1. Beton Variasi 0% (No 1, pengujian 3 hari)

Diketahui :

$$D = 15,11 \text{ cm} = 151,1 \text{ mm}$$

$$P = 395,30 \text{ KN}$$

$$= 395,30 \times 10^3 \text{ N}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 17922,49 \text{ mm}^2$$

$$f_c' = \frac{395300 \text{ N}}{17922,48 \text{ mm}^2}$$

$$= 17,03 \text{ MPa}$$

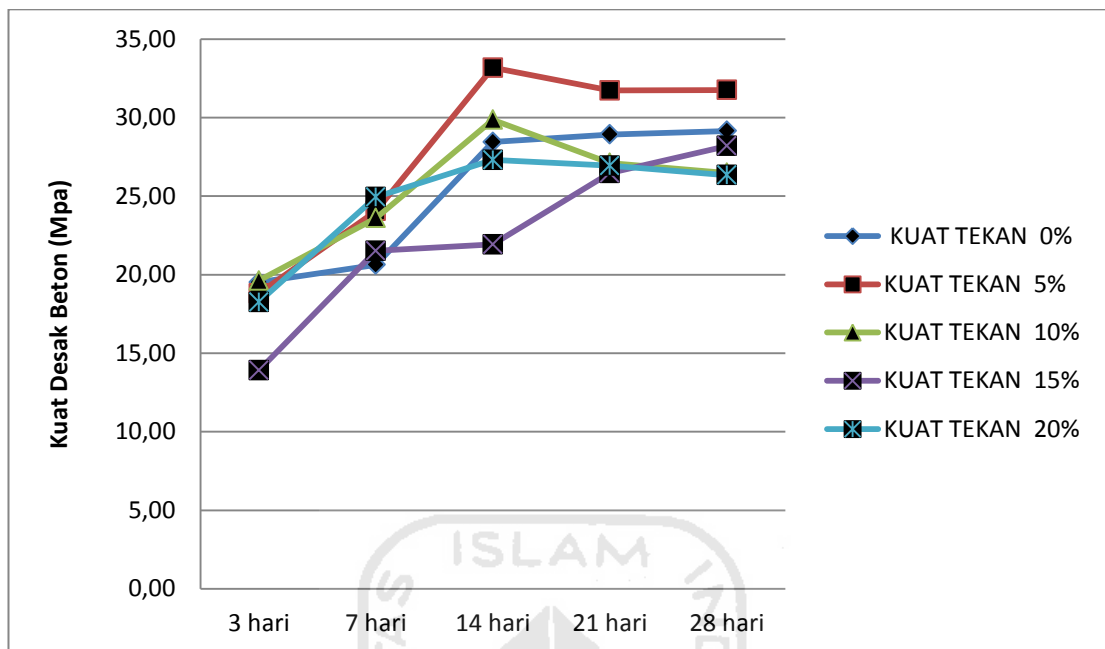
$$f_c'r = \frac{17,03 + 23,09 + 18,43}{3} = 19,52 \text{ MPa}$$

Demikian seterusnya sehingga didapatkan data kuat tekan beton pada setiap variasi/benda uji silinder. Perhitungan diatas kemudian diulang untuk setiap variasi benda uji. Hasil kuat tekannya adalah sebagai berikut :

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder

Variasi	FAS	Kuat Tekan Rerata (MPa)				
		3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
BN	0,52	19,52	20,63	28,44	26,47	29,25
B5%	0,49	18,81	24,05	33,17	31,72	31,76
B10%	0,56	19,62	23,60	29,86	27,11	26,48
B15%	0,54	13,90	21,51	21,92	26,47	28,19
B20%	0,56	18,25	24,94	27,31	26,94	26,33

Hasil kuat tekan rerata pada tabel 5.10 dapat juga dilihat berupa grafik pada gambar 5.3 berikut:



Gambar 5.3 Grafik Kuat Tekan Rerata Beton Silinder.

Dari gambar 5.3 dapat dilihat, dari variasi penggantian sebagian semen sebanyak 5% lebih optimum kuat tekannya, dibandingkan dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% pada hari ke 28 yaitu sebesar 31,76 MPa sedangkan variasi 20% paling minimum kuat tekannya yaitu sebesar 26,33 MPa. Hal ini dikarenakan pada variasi 5% nilai FASnya paling kecil. Dimana semakin kecil FAS, maka semakin besar kuat tekannya. Selain itu juga dikarenakan jumlah semen sebagai bahan perekat masih mencukupi. Sedangkan untuk variasi 10%, 15%, dan 20%, semakin banyak prosentase penggantian semen dengan abu vulkanik dan kapur akan menghasilkan kuat tekan yang semakin rendah karena sifat semen sebagai bahan perekat akan semakin berkurang. Untuk variasi 0% dan 15% mengalami peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Sedangkan untuk variasi 5%, 10% dan 20%, walaupun mengalami peningkatan kuat tekan dari umur beton 3, 7, sampai 14 hari, tetapi mengalami penurunan kuat tekannya pada pengujian umur beton 21 dan 28 hari. Hal ini disebabkan karena pada saat pengujian kuat tekan, sampel yang dipilih kurang rata pada permukaannya. Faktor kerataan pada permukaan sampel benda uji juga mempengaruhi nilai kuat tekan.

Semakin tidak rata permukaan benda uji, semakin kecil juga kuat tekannya karena distribusi beban yang diterima dan disalurkan ke benda uji tidak sama. Pada variasi 5% dihari pengujian umur beton 14 hari mengalami peningkatan kuat tekan yang signifikan dan optimum diantara variasi yang lain yaitu sebesar 33,17 MPa.

5.7 Pengujian Kuat Geser Beton

Nilai kuat geser beton di dapatkan setelah dilakukannya pengujian terhadap benda uji balok, dimana benda uji di berikan beban secara terus menerus sehingga hancur. Pengujian dilakukan pada saat beton berumur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari dan sebelumnya dilakukan perawatan yakni dengan direndam dalam air. Dibawah ini adalah contoh perhitungan Kuat Tekan dari hasil pengujian :

1. Beton Variasi 0% (No 1, pengujian 3 hari)

$$P = 4140 \text{ kg}$$

$$b = 30,11 \text{ cm}$$

$$d = 6,10 \text{ cm}$$

$$f_c' = 20,81 \text{ MPa}$$

2. Menghitung V_{ct}

$$\begin{aligned} V_{ct} &= 1/6 \sqrt{f_c'} \\ &= 1/6 \sqrt{20,81} \\ &= 0,76 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3. Menghitung V_{cu}

$$\begin{aligned} V_{cu} &= \frac{P/2}{b \cdot d} \\ &= \frac{4140/2}{(30,11 \times 6,10) \times 10} \\ &= 1,13 \text{ MPa} \end{aligned}$$

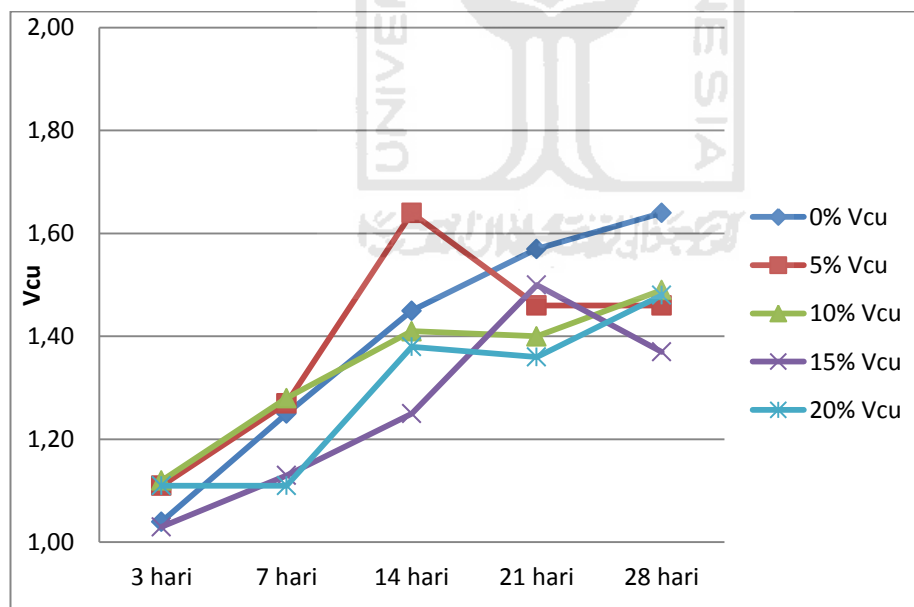
$$\begin{aligned} V_{cur} (3 \text{ benda uji}) &= \frac{1,13 + 1,16 + 0,84}{3} \\ &= 1,04 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Demikian seterusnya sehingga didapatkan data kuat geser beton pada setiap variasi. Perhitungan diatas kemudian diulang untuk setiap variasi benda uji. Hasil yang didapat dari pengujian kuat geser secara lengkap dapat dilihat pada lampiran, sedangkan hasil kuat geser uji rerata tiap variasi dapat dilihat pada tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Kuat Geser Rerata Beton Balok

Umur	FAS	0%	5%	10%	15%	20%
		Vcu (MPa)	Vcu (MPa)	Vcu (MPa)	Vcu (MPa)	Vcu (MPa)
3 hari	0,52	1,04	1,11	1,12	1,03	1,11
7 hari	0,49	1,25	1,27	1,28	1,13	1,11
14 hari	0,56	1,45	1,64	1,41	1,25	1,38
21 hari	0,54	1,57	1,46	1,40	1,50	1,36
28 hari	0,56	1,64	1,46	1,49	1,37	1,48

Hasil kuat geser uji rerata pada tabel 5.11 dapat juga dilihat berupa grafik pada gambar 5.4 berikut:



Gambar 5.4 Grafik Kuat Geser Rerata Beton Balok.

Dari grafik di atas dapat di lihat bahwa kuat geser paling tinggi ada pada variasi 0% di umur pengujian 28 hari yaitu sebesar 1,64 MPa. Disamping paling

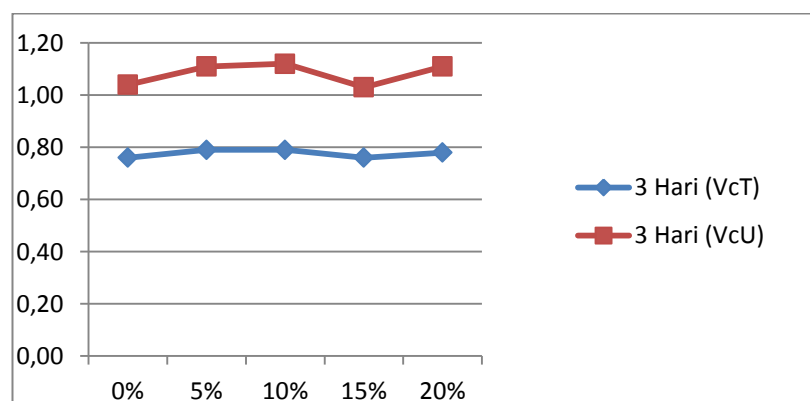
tinggi, variasi 0% juga mengalami kenaikan kuat geser paling konstan sesuai dengan pertambahan umurnya diantara variasi yang lainnya mulai pengujian 3 hari sampai 28 hari. Sedangkan variasi 15% memiliki kuat tarik minimum diantara yang lainnya yaitu sebesar 1,37 MPa pada umur 28 hari. Hal ini membuktikan bahwa penggantian sebagian semen dengan abu vulkanik dan kapur (Ca) bakar tidak menambah kuat geser beton karena jumlah semennya berkurang sehingga berpengaruh terhadap kuat lekatan butiran. Dari grafik diatas juga juga dapat dilihat bahwa nilai FAS kurang berpengaruh terhadap kuat geser.

Disamping itu, dihitung pula V_{ct} untuk membandingkan hasil kuat geser uji dengan kuat geser teoritis. Adapun hasil perhitungannya pada tabel 5.12 berikut :

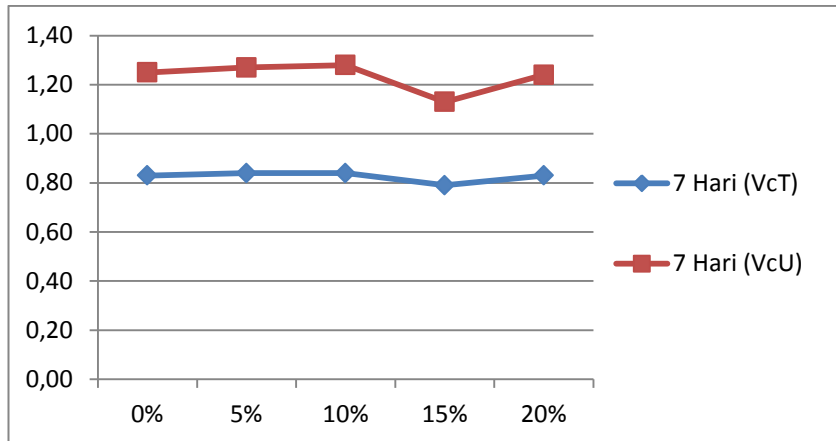
Tabel 5.12 Perbandingan Kuat Geser Uji dengan Kuat Geser Teoritis

Variasi	Kuat Geser Rerata (MPa)									
	Umur									
	3 Hari		7 Hari		14 Hari		21 Hari		28 Hari	
	(V_{cT})	(V_{cU})	(V_{cT})	(V_{cU})	(V_{cT})	(V_{cU})	(V_{cT})	(V_{cU})	(V_{cT})	(V_{cU})
0%	0,76	1,04	0,83	1,25	0,90	1,45	0,93	1,57	0,95	1,64
5%	0,79	1,11	0,84	1,27	0,95	1,64	0,90	1,46	0,90	1,46
10%	0,79	1,12	0,84	1,28	0,88	1,41	0,88	1,40	0,91	1,49
15%	0,76	1,03	0,79	1,13	0,83	1,25	0,91	1,50	0,87	1,37
20%	0,78	1,11	0,83	1,24	0,87	1,38	0,87	1,36	0,91	1,48

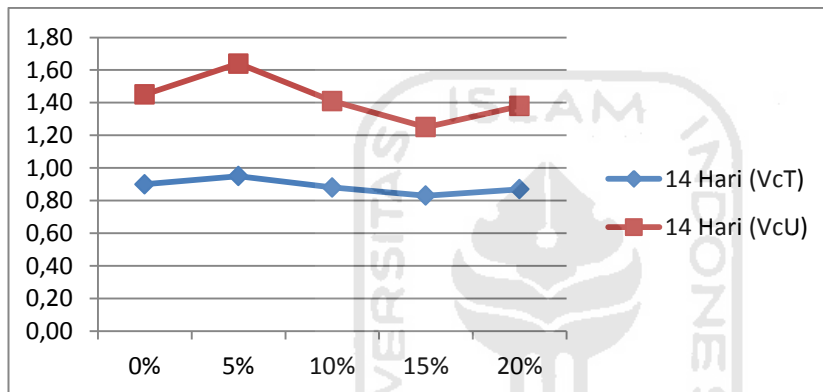
Dari tabel diatas, dapat dilihat juga dalam bentuk grafik sebagai berikut :



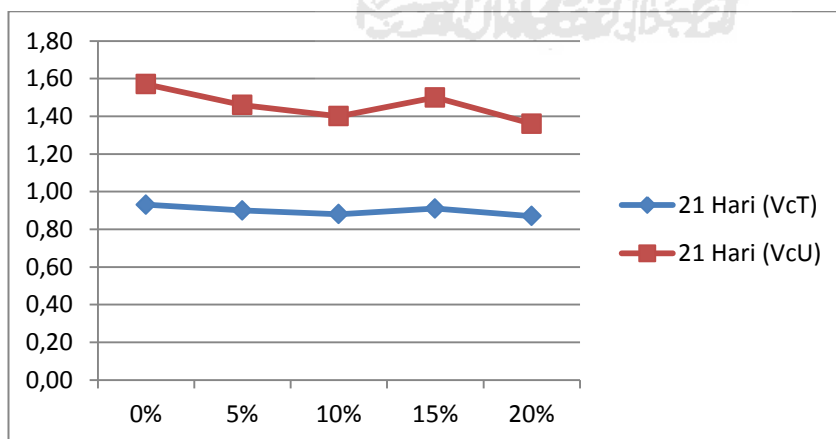
Gambar 5.5 Grafik Perbandingan V_{cu} dan V_{ct} umur 3 hari



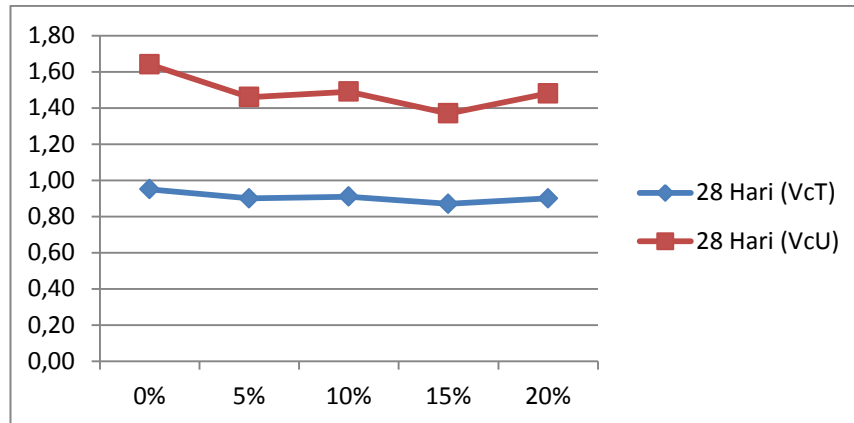
Gambar 5.6 Grafik Perbandingan Vcu dan Vct umur 7 hari



Gambar 5.7 Grafik Perbandingan Vcu dan Vct umur 14 hari



Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Vcu dan Vct umur 21 hari



Gambar 5.9 Grafik Perbandingan Vcu dan Vct umur 28 hari

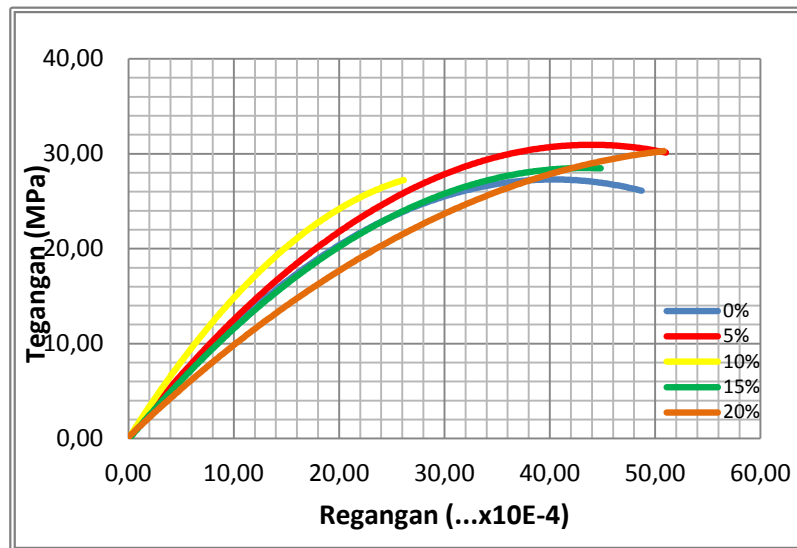
Pada tabel 5.12 dan gambar grafik diatas dapat dilihat perbandingan antara kuat geser uji dengan kuat geser teoritis, hasil yang didapat jauh berbeda sehingga dapat disimpulkan bahwa rumus empiris untuk menghitung kuat geser yakni :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'}$$

memberikan nilai kuat geser dengan faktor aman yang besar ($V_{cu} \approx 2V_{ct}$).

5.8 Tegangan-Regangan Beton

Setiap bahan akan mengalami perubahan bentuk apabila mendapat bebandan apabila perubahan bentuk terjadi maka gaya internal didalam bahan tersebut akan menahannya, gaya internal ini disebut gaya dalam. Bila suatu bahan mengalami tegangan, maka bahan itu akan mengalami perubahan bentuk yang dikenal dengan regangan (M. J Smith, 1985). Pengujian tegangan regangan tidak dilakukan terhadap seluruh benda uji, diambil 3 sampel dari setiap variasi. Seluruh pengujian tegangan regangan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII. Di bawah ini adalah grafik hasil perhitungan tegangan-regangan dari semua sampel benda uji/silinder masing-masing variasi dan untuk selengkapnya ada di lampiran.



Gambar 5.10 Grafik Tegangan-Regangan Beton

Berdasarkan gambar 5.10 dari semua variasi rata-rata regangan hancurnya besar dan juga tegangannya tinggi. Tetapi pada beton variasi 10% tegangan dan regangan hancurnya lebih kecil dari beton yang lain ini dikarenakan permukaannya yang tidak rata sehingga pada waktu pengujian tidak maksimum hasil tegangan regangannya. Dari gambar grafik bisa dilihat luasan dibawah kurva tegangan-regangan menunjukkan besarnya energi yang dapat diserap selama proses pembebanan. Semakin besar luasan kurva, semakin besar pula energi yang mampu diserap oleh beton. Beban maksimum yang mampu ditahan oleh semua benda uji melampaui beban yang ditargetkan.

5.9 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan sifat beton yang berkaitan dengan mudah atau tidaknya beton mengalami deformasi. Dan menurut Edward G. Nawy, modulus elastisitas adalah kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan (sekitar $0,4f_c'$), modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dapat dianggap elastis. Pada kurva tegangan regangan bahwa sekitar 40% dari f_c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis. Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier pada kurva semakin bertambah dan ada reduksi daktilitas apabila kekuatan beton bertambah (Edward G Nawy, 1990).

Besarnya modulus elastis dipengaruhi sekali oleh karakteristik agregat. Daerah terlemah pada beton adalah daerah antara pasta semen dan agregat kasar. Pada beberapa sampel beton mengalami penurunan modulus elastis dikarenakan kurangnya kontrol terhadap pengerjaan dan dalam faktor pemadatan beton. Beton dengan pemadatan kurang baik akan menimbulkan keropos antara agregat sehingga daya ikat antar agregat menjadi lemah. Beton dengan kuat tekan tinggi mempunyai modulus elastis yang tinggi. Selain itu untuk mendapatkan modulus elastisitas yang tinggi yang perlu diperhatikan dalam pengujian tegangan-regangan adalah kondisi permukaan pada benda uji, semakin rata permukaan benda uji maka semakin baik hasilnya, permukaan yang rata akan menghasilkan nilai modulus elastisitas yang cukup baik karena distribusi beban akan tersebar secara merata ke seluruh permukaan benda uji.

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton adalah sebagai berikut :

$$E_c = \sigma / \varepsilon \dots\dots\dots 5.1$$

dimana: E_c = Modulus Elastisitas Uji

σ = tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

ε = regangan yang dihasilkan dari tegangan (σ)

Sedangkan Modulus Elastisitas Teoritis digunakan rumus sebagai berikut :

$$E_c' = 4700 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots 5.2$$

dimana: E_c = Modulus Elastisitas teoritis (MPa)

f_c' = Kuat desak beton uji (MPa)

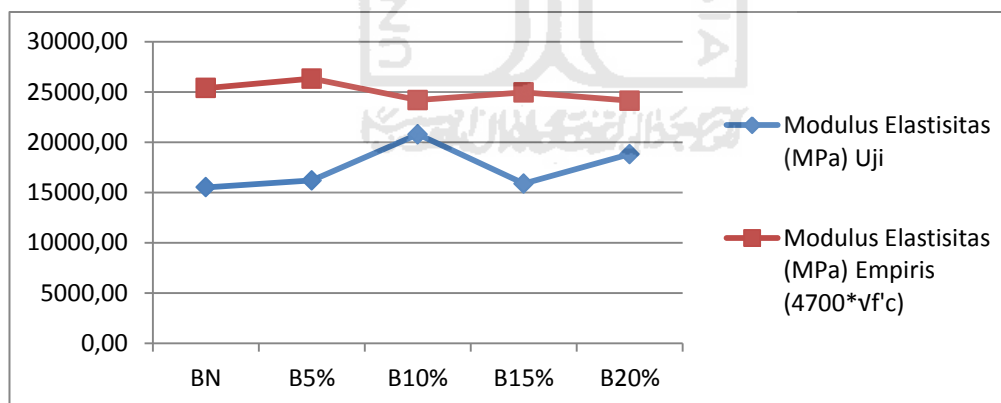
Menurut SNI 03-2847-2002, modulus elastisitas teoritis untuk berat volume beton antara 1.500 kg/m^3 dan 2.500 kg/m^3 pada beton normal diambil sebesar $(4700)\sqrt{f_c'}$. Perhitungan Modulus Elastisitas Beton dapat dilihat pada tabel 5.13 di bawah ini :

Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas

Benda Uji	σ maks (MPa)	0.4 max σ (MPa)	ϵ (10 ⁻⁴)	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Empiris (4700* $\sqrt{f_c}$)
BN	29,15	11,66	7,52	15505,90	25374,69
B5%	31,36	12,55	7,75	16187,91	26321,71
B10%	26,48	10,59	5,10	20769,75	24186,25
B15%	28,19	11,28	7,10	15882,68	24955,08
B20%	26,33	10,53	5,60	18807,28	24117,09

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa perbandingan modulus elastisitas uji dan teoritis terlalu jauh. Sehingga rumus modulus elastisitas empiris/teoritis tidak tepat dipakai untuk mencari modulus elastisitas uji. Secara teoritis, semakin tinggi kuat tekan maka akan semakin tinggi juga tingkat ketahanan terhadap perubahan bentuk yang dialami. Tetapi dari hasil pengujian yang diperoleh, semakin tinggi kuat tekan beton tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan modulus elastisitasnya. Besarnya nilai modulus elastis yang dihasilkan merupakan besarnya kemiringan dari diagram regangan beton.

Di bawah ini adalah grafik modulus elastisitas yang terdapat pada tabel 5.13

**Gambar 5.11** Grafik Modulus Elastisitas

Dari grafik 5.11 dapat dilihat secara jelas perbedaan antara modulus elastisitas uji dan empiris, dari semua variasi mengalami perbedaan dan penurunan yang cukup besar. Ini berarti modulus elastisitas empiris tidak tepat digunakan untuk mencari modulus elastisitas uji.

Secara teoritis, semakin tinggi kuat tekan maka akan semakin tinggi juga tingkat ketahanan terhadap perubahan bentuk yang dialami. Tetapi dari hasil pengujian yang diperoleh, semakin tinggi kuat tekan beton tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan modulus elastisitasnya. Besarnya nilai modulus elastis yang dihasilkan merupakan besarnya kemiringan dari diagram regangan beton.

5.10 Perbandingan $f'c$ Rencana dengan $f'c$ Hasil Uji

Pada saat pencampuran awal, $f'c$ rencana adalah sebesar 20 MPa, dan $f'c$ rencana yang ditargetkan adalah sebesar 29,18 MPa. Untuk perbandingan hasil $f'c$ uji dengan $f'c$ rencana, dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah ini.

Tabel 5.14 Perbandingan $f'c$ Rencana Dengan Hasil Uji umur 3 Hari

Variasi	FAS	Kuat Tekan (MPa)	konversi 28 hari	Syarat $\geq f'c$ ≥ 20 MPa	Syarat $\geq f'c + 0,64s$ $\geq 29,18$ MPa
BN	0,52	19,52	48,80	Terpenuhi	Terpenuhi
B5%	0,49	18,81	47,03	Terpenuhi	Terpenuhi
B10%	0,56	19,62	49,05	Terpenuhi	Terpenuhi
B15%	0,54	13,90	34,75	Terpenuhi	Terpenuhi
B20%	0,56	18,25	45,63	Terpenuhi	Terpenuhi

Dari tabel 5.14 dapat dilihat perbandingan $f'c$ rencana dengan $f'c$ hasil uji. Dari pengujian umur 3 hari, semua variasi memenuhi $f'c$ yang direncanakan yaitu 20 Mpa dan jug masih memenuhi $f'c$ yang ditargetkan yaitu 29,18MPa. Hal ini disebabkan proses pengerasan pasta yang terjadi lebih cepat sehingga hasil uji dikonversikan ke umur 28 hari akan lebih besar dari $f'c$ rencana dan $f'c$ target.

Tabel 5.15 Perbandingan $f'c$ Rencana Dengan Hasil Uji umur 7 Hari

Variasi	FAS	Kuat Tekan (MPa)	konversi 28 hari	Syarat $\geq f'c$ ≥ 20 MPa	Syarat $\geq f'c + 0,64s$ $\geq 29,18$ MPa
BN	0,52	20,63	31,74	Terpenuhi	Terpenuhi
B5%	0,49	24,05	37,00	Terpenuhi	Terpenuhi
B10%	0,56	23,60	36,31	Terpenuhi	Terpenuhi
B15%	0,54	21,51	33,09	Terpenuhi	Terpenuhi
B20%	0,56	24,94	38,37	Terpenuhi	Terpenuhi

Dari tabel 5.15 dapat dilihat perbandingan $f'c$ rencana dengan $f'c$ hasil uji. Dari pengujian umur 7 hari, semua variasi memenuhi $f'c$ yang direncanakan yaitu 20 MPa dan juga masih memenuhi $f'c$ yang ditargetkan yaitu 29,18MPa. Hal ini

disebabkan proses pengerasan pasta yang terjadi lebih cepat sehingga hasil uji dikonversikan ke umur 28 hari akan lebih besar dari f_c' rencana dan f_c' target.

Tabel 5.16 Perbandingan f_c' Rencana Dengan Hasil Uji umur 14 Hari

Variasi	FAS	KuatTekan (MPa)	konversi 28 hari	Syarat $\geq f_c' \geq 20$ MPa	Syarat $\geq f_c' + 0,64s \geq 29,18$ MPa
BN	0,52	28,44	32,32	Terpenuhi	Terpenuhi
B5%	0,49	33,17	37,69	Terpenuhi	Terpenuhi
B10%	0,56	29,86	33,93	Terpenuhi	Terpenuhi
B15%	0,54	21,92	24,91	Terpenuhi	TidakTerpenuhi
B20%	0,56	27,31	31,03	Terpenuhi	Terpenuhi

Dari tabel 5.16 dapat dilihat perbandingan f_c' rencana dengan f_c' hasil uji. Dari pengujian umur 14 hari, semua variasi memenuhi f_c' yang direncanakan yaitu 20 MPa. Tetapi jika dibandingkan dengan f_c' rencana yang ditargetkan yaitu 29,18MPa, variasi 15% tidak memenuhi syarat. Hal tersebut bisa terjadi karena ada kemungkinan kesalahan yang dilakukan oleh peneliti saat pembuatan ataupun saat pengujian benda ujisehingga menyebabkan tidak terpenuhinya mutu beton yang ditargetkan.

Tabel 5.17 Perbandingan f_c' Rencana Dengan Hasil Uji umur 21 Hari

Variasi	FAS	KuatTekan (MPa)	konversi 28 hari	Syarat $\geq f_c' \geq 20$ MPa	Syarat $\geq f_c' + 0,64s \geq 29,18$ MPa
BN	0,52	26,47	27,86	Terpenuhi	TidakTerpenuhi
B5%	0,49	31,72	33,39	Terpenuhi	Terpenuhi
B10%	0,56	27,11	28,54	Terpenuhi	TidakTerpenuhi
B15%	0,54	26,47	27,86	Terpenuhi	TidakTerpenuhi
B20%	0,56	26,94	28,36	Terpenuhi	TidakTerpenuhi

Dari tabel 5.17 dapat dilihat perbandingan f_c' rencana dengan f_c' hasil uji. Dari pengujian umur 21 hari, semua variasi memenuhi f_c' yang direncanakan yaitu 20 MPa. Tetapi jika dibandingkan dengan f_c' rencana yang ditargetkan yaitu 29,18MPa, hanya variasi 5% yang memenuhi syarat. Hal tersebut bisa terjadi karena pada variasi 10%, 15%, 20% jumlah abu vulkanik dan kapur semakin banyak sedangkan jumlah semennya semakin berkurangsehingga proses pengerasan dan hidrasi beton sehingga menyebabkan tidak terpenuhinya mutu beton yang ditargetkan. Khusus untuk beton normal, kuat tekan tidak terpenuhi

dikarenakan ada kemungkinan kesalahan yang dilakukan oleh peneliti saat pembuatan ataupun saat pengujian benda uji.

Tabel 5.18 Perbandingan f_c' Rencana Dengan Hasil Uji umur 28 Hari

Variasi	FAS	28 hari	Syarat $\geq f_c'$ $\geq 20 \text{ MPa}$	Syarat $\geq f_c' + 0,64s$ $\geq 29,18 \text{ MPa}$
BN	0,52	29,25	Terpenuhi	Terpenuhi
B5%	0,49	31,76	Terpenuhi	Terpenuhi
B10%	0,56	26,48	Terpenuhi	TidakTerpenuhi
B15%	0,54	28,19	Terpenuhi	TidakTerpenuhi
B20%	0,56	26,33	Terpenuhi	TidakTerpenuhi

Dari tabel 5.18 dapat dilihat perbandingan f_c' rencana dengan f_c' hasil uji. Dari pengujian umur 28 hari, semua variasi memenuhi f_c' yang direncanakan yaitu 20 MPa. Tetapi jika dibandingkan dengan f_c' rencana yang ditargetkan yaitu 29,18MPa, hanya beton normal dan variasi 5% yang memenuhi syarat. Hal tersebut bisa terjadi karena pada variasi 10%, 15%, 20% jumlah abu vulkanik dan kapur semakin banyak sedangkan jumlah semennya semakin sedikit sehingga mempengaruhi proses pengerasan dan hidrasi beton dan menyebabkan tidak terpenuhinya mutu beton yang ditargetkan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan diatas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk kuat tekan, penggantian sebagian semen dengan abu vulkanik dan kapur sebesar 5% menunjukkan hasil kuat tekan yang paling optimum pada umur 28 hari yaitu sebesar 31,76 MPa. Sedangkan variasi 20% menghasilkan kuat tekan minimum pada umur 28 hari yaitu sebesar 26,33 MPa.
2. Beton dengan semua variasi abu vulkanik memiliki kuat tekan lebih besar dari f_c' rencana 20 MPa.
3. Untuk kuat geser, abu vulkanik dan kapur tidak bisa menggantikan semen. Beton normal (0%) paling optimum yaitu sebesar 1,64 MPa pada umur 28 hari.
4. Abu vulkanik dan kapur hanya berfungsi sebagai *filler*.

6.2 Saran

Dari uraian di atas dengan merujuk pada pembahasan dan hasil penelitian ternyata masih banyak kekurangan dari penelitian ini, maka untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi diperlukan saran-saran yang bersifat membangun seperti yang disebutkan sebagai berikut:

1. Jumlah material penyusun beton tidak boleh berubah-ubah.
2. Dan untuk penelitian selanjutnya bisa dicari juga kuat tarik belah beton.
3. Supaya hasil pengujian lebih akurat dan aplikatif, bisa dilanjutkan lagi dengan mengubah prosentase jumlah abu vulkanik dan kapur bakar.

4. Untuk mendapatkan sampel yang baik perlu diperhatikan pada saat pengadukan dan pemadatan, karena apabila dalam pemadatan tidak baik, sampel akan mengalami keropos, permukaan yang tidak rata dan ini akan sangat mempengaruhi hasil uji.
5. Pada saat uji material dan penggunaan material dalam pencampuran, diusahakan semua agregat harus sudah kering permukaan (SSD).
6. Lebih hati-hati dalam perhitungan mix designnya, khususnya dalam pembacaan grafik, karena kesalahan sedikit pada mix design menyebabkan kualitas betonnya tidak sesuai dengan yang diharapkan.
7. Hati-hati pada saat penimbangan material, karena tidak sesuainya penimbangan bisa berpengaruh pada kekuatan betonnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Buku Panduan Praktikum, Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP UII
- Edward G. Nawy, *Reinforced Concrete a Fundamental Approach*, Terjemah, PT. Eresco, Bandung 1990
- Kardiono Tjokrodimulyo 1992 : *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta
- L.J. Murdock dan L.M. Brock, *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan Stephanus Hendarko, Erlangga, Jakarta, 1991
- Nugraha, Paul (2007). *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*.
- PUBI-1982 : Persyaratan umum bahan bangunan di Indonesia
- PBI 1971 : Peraturan beton bertulang Indonesia
- SNI 03-2824-1993 : *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal*.
- SNI 15-0302-1994 : *Semen portland pozolan*
- SNI 15-7064-2004 : *Portland Composite Cement (PCC)*
- SNI 03-2847-2002 : *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*
- SNI 03-4142-1996 : Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 MM)
- Tri Mulyono 2004 : *Teknologi Beton*, Yogyakarta
- Tri Mulyono 2005 : *Teknologi Beton*, Yogyakarta



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL UJI TEGANGAN REGANGAN BETON





Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL UJI TEGANGAN DAN REGANGAN VARIASI 0%

Kode	No	D (cm)	T (cm)	A (mm ²)	Volume (m ³)	Berat (kg)	BeratVolume (kg/m ³)	Beban Max (kN)	F'c (Mpa)	F'c rerata
BN 0%	1	15,21	30,18	18160,5	0,0055	12,4	2262,43	496,40	27,33	29,15
	2	15,04	30,29	17756,8	0,0054	12,3	2286,86	519,80	29,27	
	3	15,21	30,26	18160,5	0,0055	12,4	2256,44	560,00	30,84	

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Beban (Variasi 0%)		Dial (...x10 ⁻³ mm)	Tegangan P/A (Mpa)	Regangan 0,5ΔL / Lo(...x10 ⁻⁴ mm)
KN	Kg			
0	0	0	0	0
10	1019,37	5	0,55	0,13
20	2038,74	13	1,10	0,33
30	3058,10	20	1,65	0,50
40	4077,47	33	2,20	0,83
50	5096,84	50	2,75	1,25
60	6116,21	65	3,30	1,63
70	7135,58	81	3,85	2,03
80	8154,94	99	4,41	2,48
90	9174,31	115	4,96	2,88
100	10193,68	129	5,51	3,23
110	11213,05	134	6,06	3,35
120	12232,42	144	6,61	3,60
130	13251,78	154	7,16	3,85
140	14271,15	164	7,71	4,10
150	15290,52	175	8,26	4,38
160	16309,89	185	8,81	4,63
170	17329,26	190	9,36	4,75
180	18348,62	215	9,91	5,38
190	19367,99	230	10,46	5,75
200	20387,36	242	11,01	6,05
210	21406,73	255	11,56	6,38
220	22426,10	265	12,11	6,63
230	23445,46	285	12,66	7,13
240	24464,83	295	13,22	7,38
250	25484,20	307	13,77	7,68
260	26503,57	313	14,32	7,83
270	27522,94	326	14,87	8,15
280	28542,30	365	15,42	9,13
290	29561,67	373	15,97	9,33
300	30581,04	389	16,52	9,73
310	31600,41	419	17,07	10,48
320	32619,78	434	17,62	10,85
330	33639,14	449	18,17	11,23
340	34658,51	467	18,72	11,68
350	35677,88	483	19,27	12,08
360	36697,25	504	19,82	12,60
370	37716,62	522	20,37	13,05
380	38735,98	619	20,92	15,48
390	39755,35	622	21,48	15,55
400	40774,72	653	22,03	16,33
410	41794,09	684	22,58	17,10
420	42813,46	726	23,13	18,15
430	43832,82	735	23,68	18,38
440	44852,19	730	24,23	18,25
450	45871,56	743	24,78	18,58
460	46890,93	746	25,33	18,65
470	47910,30	749	25,88	18,73



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

480	48929,66	750	26,43	18,75
490	49949,03	770	26,98	19,25
496,4	50601,43	805	27,33	20,13
480	48929,66	795	26,43	19,88
470	47910,30	780	25,88	19,50
460	46890,93	770	25,33	19,25
450	45871,56	750	24,78	18,75
440	44852,19	730	24,23	18,25
0	0,00	0	0,00	0,00
10	1019,37	10	0,55	0,25
20	2038,74	22	1,10	0,55
30	3058,10	33	1,65	0,83
40	4077,47	45	2,20	1,13
50	5096,84	57	2,75	1,43
60	6116,21	68	3,30	1,70
70	7135,58	85	3,85	2,13
80	8154,94	104	4,41	2,60
90	9174,31	121	4,96	3,03
100	10193,68	135	5,51	3,38
110	11213,05	154	6,06	3,85
120	12232,42	175	6,61	4,38
130	13251,78	184	7,16	4,60
140	14271,15	190	7,71	4,75
150	15290,52	202	8,26	5,05
160	16309,89	221	8,81	5,53
170	17329,26	235	9,36	5,88
180	18348,62	255	9,91	6,38
190	19367,99	269	10,46	6,73
200	20387,36	284	11,01	7,10
210	21406,73	299	11,56	7,48
220	22426,10	317	12,11	7,93
230	23445,46	334	12,66	8,35
240	24464,83	356	13,22	8,90
250	25484,20	379	13,77	9,48
260	26503,57	398	14,32	9,95
270	27522,94	415	14,87	10,38
280	28542,30	437	15,42	10,93
290	29561,67	468	15,97	11,70
300	30581,04	512	16,52	12,80
310	31600,41	527	17,07	13,18
320	32619,78	554	17,62	13,85
330	33639,14	569	18,17	14,23
340	34658,51	585	18,72	14,63
350	35677,88	609	19,27	15,23
360	36697,25	630	19,82	15,75
370	37716,62	667	20,37	16,68
380	38735,98	690	20,92	17,25
390	39755,35	719	21,48	17,98
400	40774,72	749	22,03	18,73
410	41794,09	752	22,58	18,80



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

420	42813,46	765	23,13	19,13
430	43832,82	806	23,68	20,15
440	44852,19	855	24,23	21,38
450	45871,56	887	24,78	22,18
460	46890,93	915	25,33	22,88
470	47910,30	968	25,88	24,20
480	48929,66	1022	26,43	25,55
490	49949,03	1098	26,98	27,45
500	50968,40	1164	27,53	29,10
510	51987,77	1233	28,08	30,83
519,8	52986,75	1255	28,62	31,38
510	51987,77	1335	28,08	33,38
500	50968,40	1370	27,53	34,25
490	49949,03	1466	26,98	36,65
480	48929,66	1403	26,43	35,08
0	0,00	0	0,00	0,00
10	1019,37	6	0,55	0,15
20	2038,74	16	1,10	0,40
30	3058,10	26	1,65	0,65
40	4077,47	37	2,20	0,93
50	5096,84	48	2,75	1,20
60	6116,21	59	3,30	1,48
70	7135,58	73	3,85	1,83
80	8154,94	88	4,41	2,20
90	9174,31	102	4,96	2,55
100	10193,68	117	5,51	2,93
110	11213,05	129	6,06	3,23
120	12232,42	135	6,61	3,38
130	13251,78	145	7,16	3,63
140	14271,15	156	7,71	3,90
150	15290,52	187	8,26	4,68
160	16309,89	196	8,81	4,90
170	17329,26	211	9,36	5,28
180	18348,62	230	9,91	5,75
190	19367,99	245	10,46	6,13
200	20387,36	283	11,01	7,08
210	21406,73	302	11,56	7,55
220	22426,10	317	12,11	7,93
230	23445,46	335	12,66	8,38
240	24464,83	359	13,22	8,98
250	25484,20	385	13,77	9,63
260	26503,57	405	14,32	10,13
270	27522,94	428	14,87	10,70
280	28542,30	447	15,42	11,18
290	29561,67	459	15,97	11,48
300	30581,04	482	16,52	12,05
310	31600,41	503	17,07	12,58
320	32619,78	517	17,62	12,93
330	33639,14	539	18,17	13,48
340	34658,51	548	18,72	13,70



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

350	35677,88	572	19,27	14,30
360	36697,25	595	19,82	14,88
370	37716,62	615	20,37	15,38
380	38735,98	635	20,92	15,88
390	39755,35	660	21,48	16,50
400	40774,72	690	22,03	17,25
410	41794,09	718	22,58	17,95
420	42813,46	748	23,13	18,70
430	43832,82	779	23,68	19,48
440	44852,19	852	24,23	21,30
450	45871,56	895	24,78	22,38
460	46890,93	945	25,33	23,63
470	47910,30	998	25,88	24,95
480	48929,66	1057	26,43	26,43
487,7	49714,58	1155	26,85	28,88
480	48929,66	1205	26,43	30,13
470	47910,30	1210	25,88	30,25
460	46890,93	1209	25,33	30,23
450	45871,56	1214	24,78	30,35

Modulus Elastisitas

variasi	σ maks (MPa)	0.4 σ max (MPa)	ϵ (10 ⁻⁴)	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Empiris (4700* $\sqrt{f'c}$)
0%	29,15	11,66	7,52	15505,90	25374,69

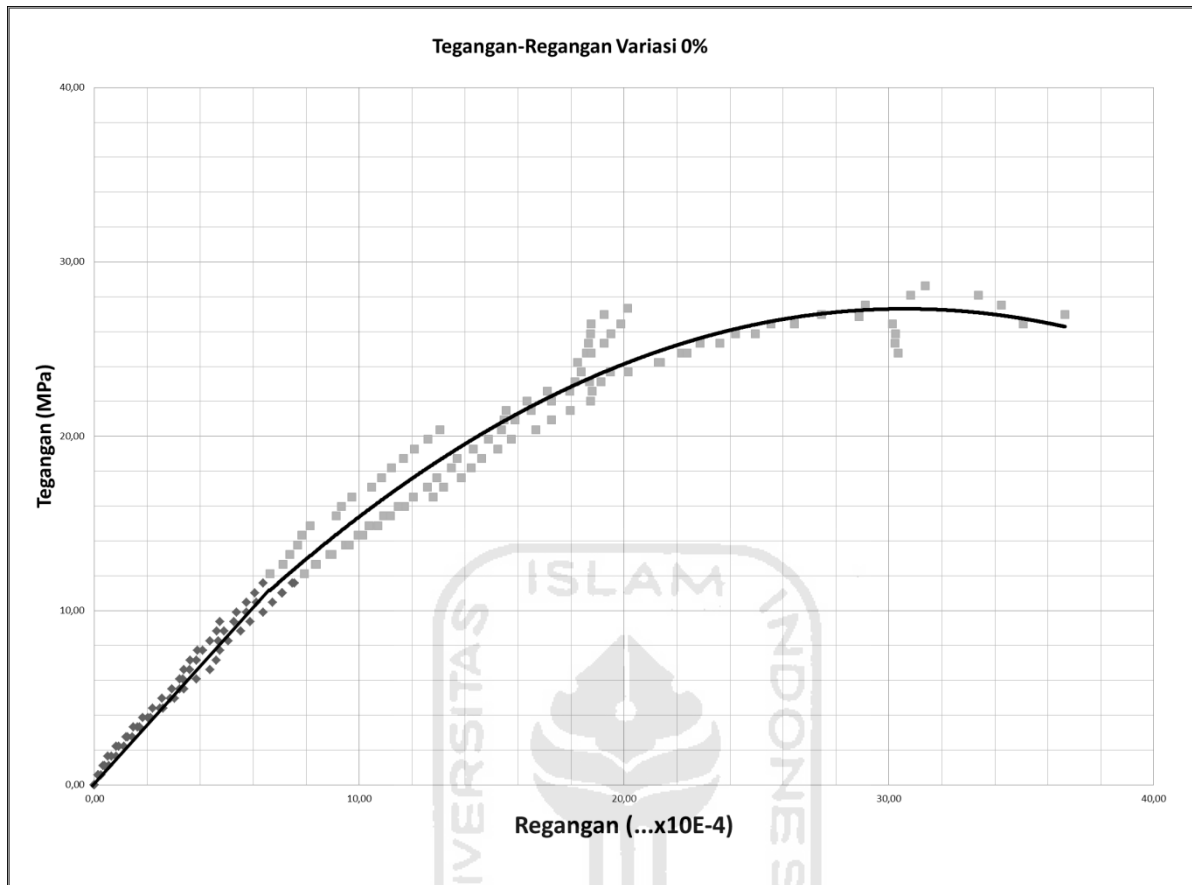


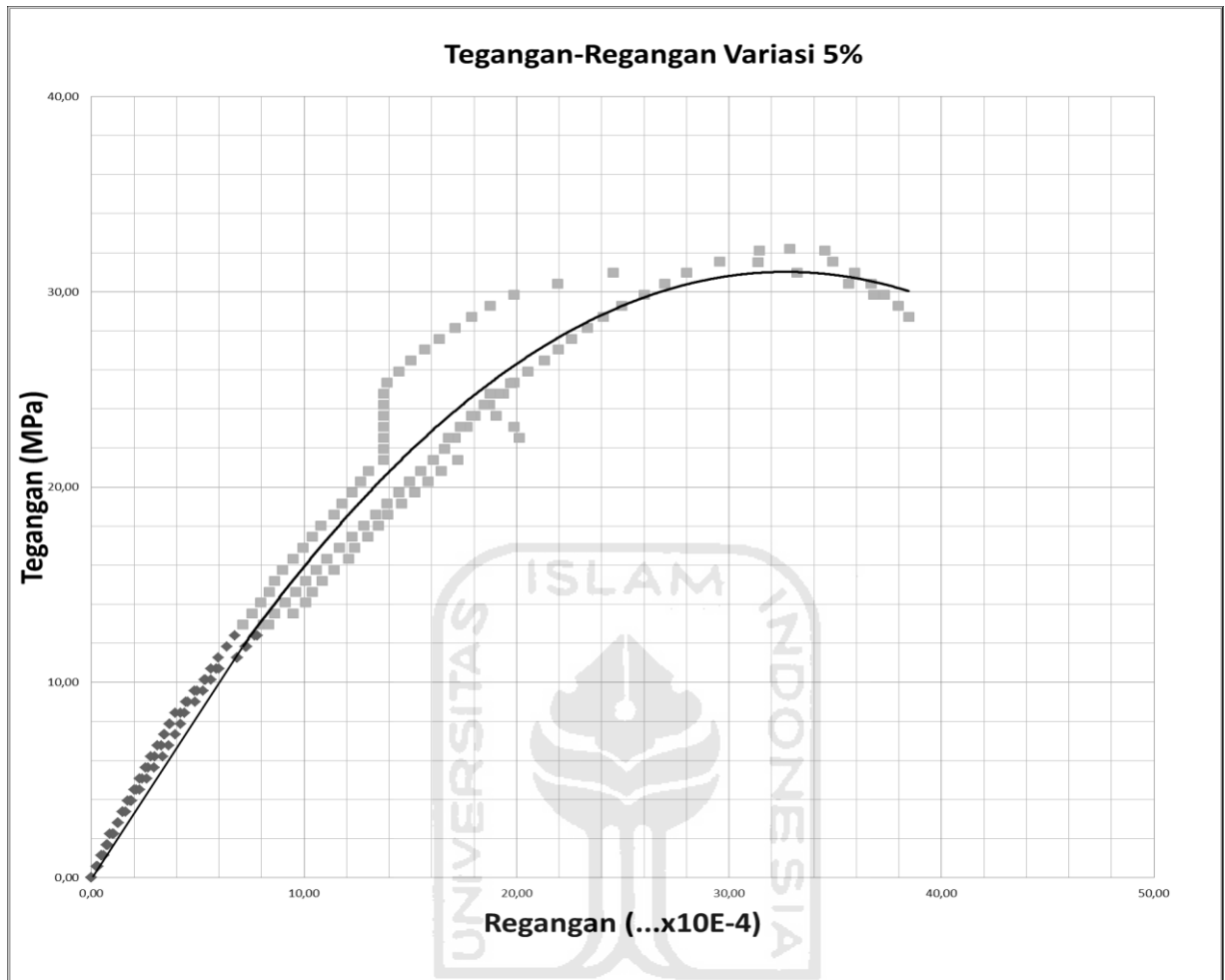
Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707





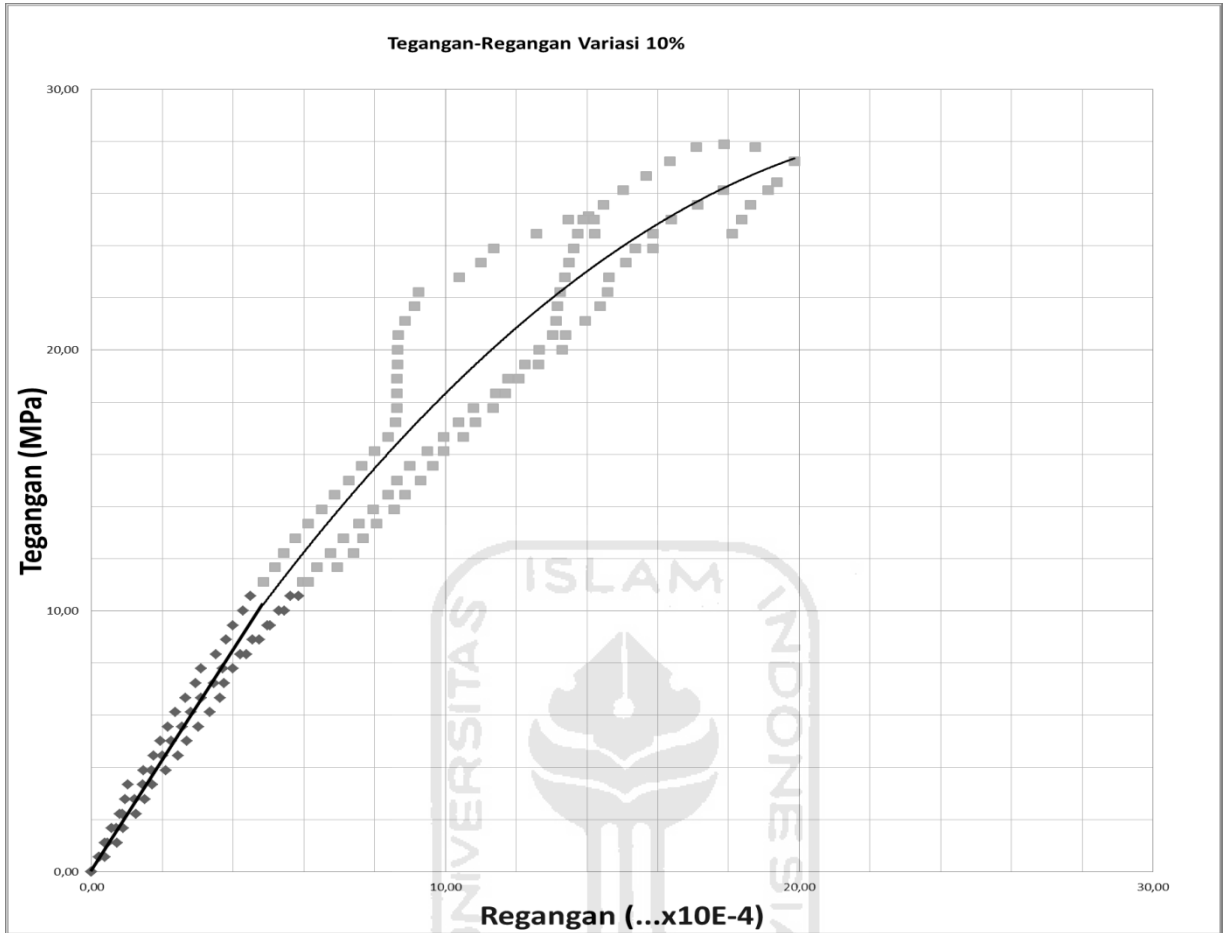


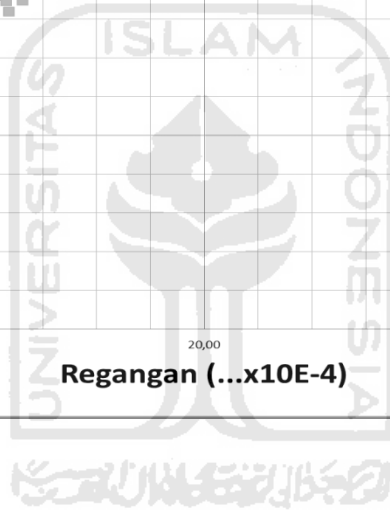
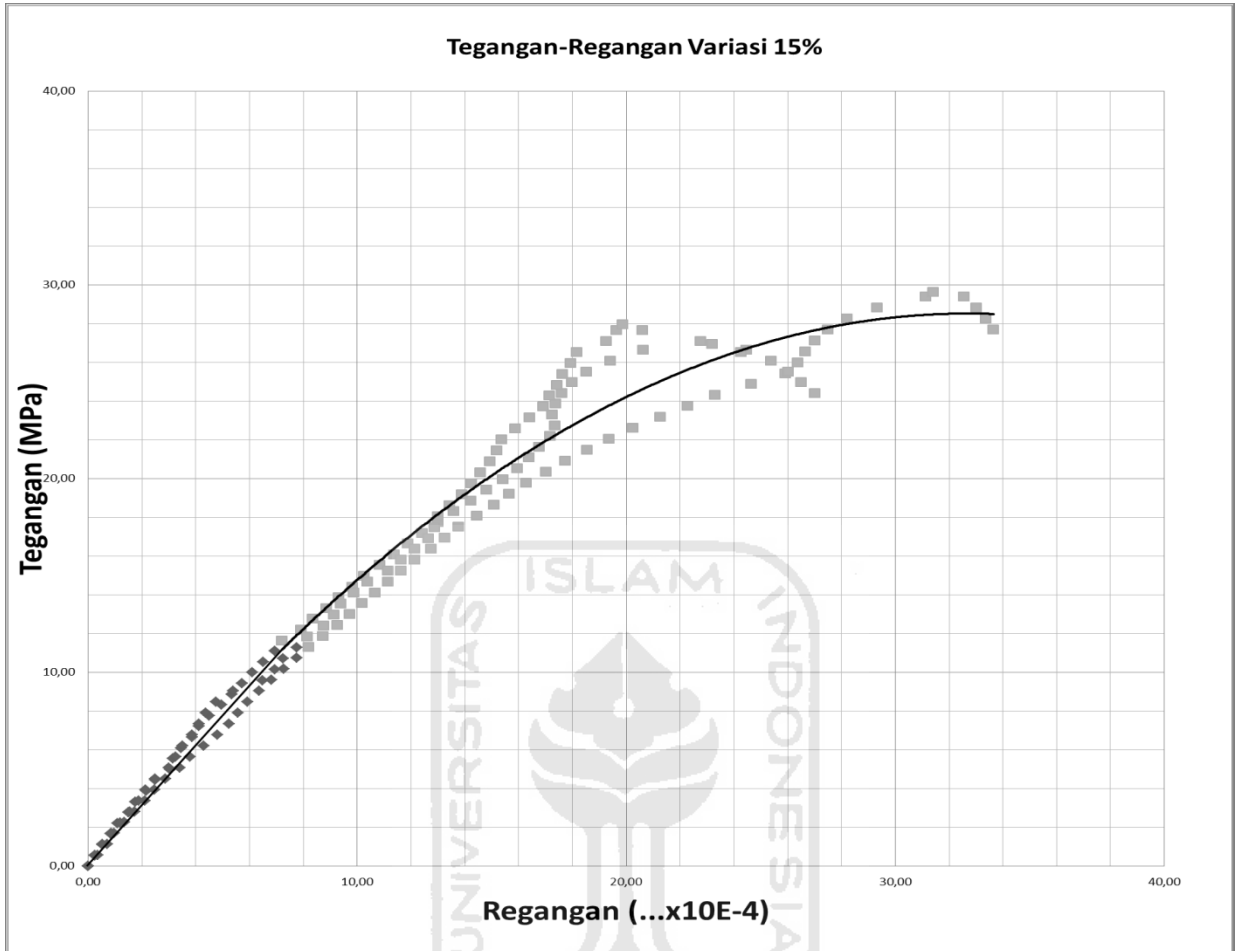
Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707





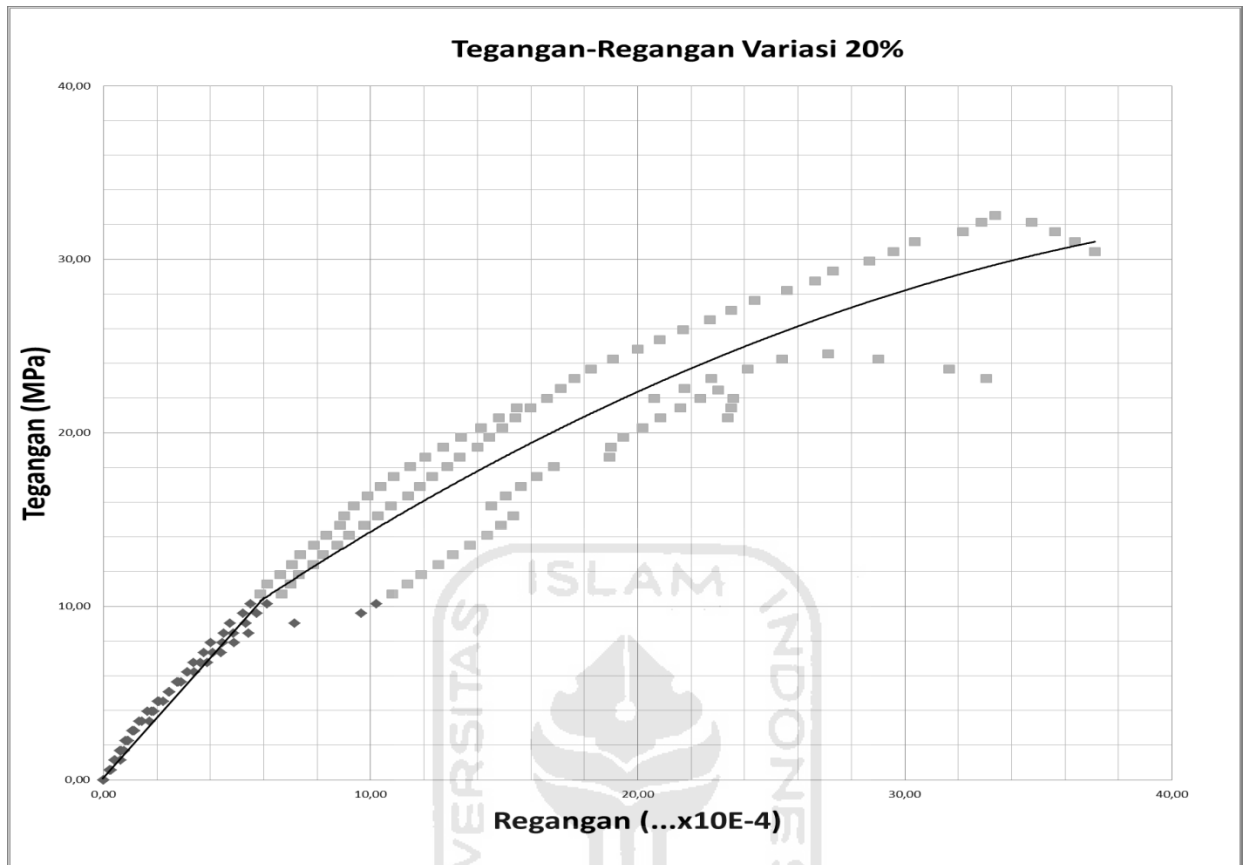


Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707





Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Beban (Variasi 5%)		Dial (...x10 ⁻³ mm)	Tegangan P/A (Mpa)	Regangan 0,5ΔL / Lo(...x10 ⁻⁴ mm)
KN	Kg			
0	0	0	0	0
10	1.019,37	12	0,56	0,30
20	2.038,74	20	1,13	0,50
30	3.058,10	29	1,69	0,73
40	4.077,47	40	2,25	1,00
50	5.096,84	49	2,82	1,23
60	6.116,21	60	3,38	1,50
70	7.135,58	73	3,94	1,83
80	8.154,94	84	4,51	2,10
90	9.174,31	95	5,07	2,38
100	10.193,68	107	5,63	2,68
110	11.213,05	119	6,19	2,98
120	12.232,42	131	6,76	3,28
130	13.251,78	137	7,32	3,43
140	14.271,15	146	7,88	3,65
150	15.290,52	158	8,45	3,95
160	16.309,89	178	9,01	4,45
170	17.329,26	194	9,57	4,85
180	18.348,62	215	10,14	5,38
190	19.367,99	235	10,70	5,88
200	20.387,36	273	11,26	6,83
210	21.406,73	290	11,83	7,25
220	22.426,10	307	12,39	7,68
230	23.445,46	323	12,95	8,08
240	24.464,83	345	13,52	8,63
250	25.484,20	365	14,08	9,13
260	26.503,57	384	14,64	9,60
270	27.522,94	403	15,21	10,08
280	28.542,30	423	15,77	10,58
290	29.561,67	443	16,33	11,08
300	30.581,04	467	16,89	11,68
310	31.600,41	490	17,46	12,25
320	32.619,78	513	18,02	12,83
330	33.639,14	535	18,58	13,38
340	34.658,51	556	19,15	13,90
350	35.677,88	579	19,71	14,48
360	36.697,25	599	20,27	14,98
370	37.716,62	620	20,84	15,50
380	38.735,98	643	21,40	16,08
390	39.755,35	665	21,96	16,63
400	40.774,72	685	22,53	17,13
410	41.794,09	707	23,09	17,68
420	42.813,46	722	23,65	18,05
430	43.832,82	749	24,22	18,73
440	44.852,19	775	24,78	19,38
450	45.871,56	795	25,34	19,88
460	46.890,93	822	25,91	20,55
470	47.910,30	853	26,47	21,33



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

480	48.929,66	879	27,03	21,98
490	49.949,03	903	27,60	22,58
500	50.968,40	933	28,16	23,33
510	51.987,77	963	28,72	24,08
520	53.007,14	998	29,28	24,95
530	54.026,50	1040	29,85	26,00
540	55.045,87	1079	30,41	26,98
550	56.065,24	1120	30,97	28,00
560	57.084,61	1183	31,54	29,58
570	58.103,98	1257	32,10	31,43
571,5	58.256,88	1315	32,18	32,88
570	58.103,98	1380	32,10	34,50
560	57.084,61	1395	31,54	34,88
550	56.065,24	1437	30,97	35,93
540	55.045,87	1468	30,41	36,70
530	54.026,50	1492	29,85	37,30
520	53.007,14	1519	29,28	37,98
510	51.987,77	1538	28,72	38,45
0	0,00	0	0,00	0,00
10	1.019,37	9	0,56	0,23
20	2.038,74	18	1,13	0,45
30	3.058,10	28	1,69	0,70
40	4.077,47	35	2,25	0,88
50	5.096,84	49	2,82	1,23
60	6.116,21	58	3,38	1,45
70	7.135,58	68	3,94	1,70
80	8.154,94	80	4,51	2,00
90	9.174,31	90	5,07	2,25
100	10.193,68	102	5,63	2,55
110	11.213,05	112	6,19	2,80
120	12.232,42	124	6,76	3,10
130	13.251,78	138	7,32	3,45
140	14.271,15	148	7,88	3,70
150	15.290,52	168	8,45	4,20
160	16.309,89	182	9,01	4,55
170	17.329,26	199	9,57	4,98
180	18.348,62	212	10,14	5,30
190	19.367,99	225	10,70	5,63
200	20.387,36	239	11,26	5,98
210	21.406,73	255	11,83	6,38
220	22.426,10	270	12,39	6,75
230	23.445,46	285	12,95	7,13
240	24.464,83	302	13,52	7,55
250	25.484,20	318	14,08	7,95
260	26.503,57	335	14,64	8,38
270	27.522,94	345	15,21	8,63
280	28.542,30	360	15,77	9,00
290	29.561,67	380	16,33	9,50
300	30.581,04	398	16,89	9,95
310	31.600,41	415	17,46	10,38



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

320	32.619,78	432	18,02	10,80
330	33.639,14	457	18,58	11,43
340	34.658,51	471	19,15	11,78
350	35.677,88	490	19,71	12,25
360	36.697,25	506	20,27	12,65
370	37.716,62	521	20,84	13,03
380	38.735,98	550	21,40	13,75
390	39.755,35	550	21,96	13,75
400	40.774,72	550	22,53	13,75
410	41.794,09	550	23,09	13,75
420	42.813,46	550	23,65	13,75
430	43.832,82	550	24,22	13,75
440	44.852,19	550	24,78	13,75
450	45.871,56	556	25,34	13,90
460	46.890,93	579	25,91	14,48
470	47.910,30	601	26,47	15,03
480	48.929,66	627	27,03	15,68
490	49.949,03	654	27,60	16,35
500	50.968,40	684	28,16	17,10
510	51.987,77	715	28,72	17,88
520	53.007,14	750	29,28	18,75
530	54.026,50	795	29,85	19,88
540	55.045,87	878	30,41	21,95
550	56.065,24	982	30,97	24,55
559,8	57.064,22	1255	31,53	31,38
550	56.065,24	1328	30,97	33,20
540	55.045,87	1425	30,41	35,63
530	54.026,50	1473	29,85	36,83
0	0	0	0,00	0,00
10	1.019,37	10	0,56	0,25
20	2.038,74	23	1,13	0,58
30	3.058,10	31	1,69	0,78
40	4.077,47	42	2,25	1,05
50	5.096,84	51	2,82	1,28
60	6.116,21	64	3,38	1,60
70	7.135,58	75	3,94	1,88
80	8.154,94	90	4,51	2,25
90	9.174,31	104	5,07	2,60
100	10.193,68	118	5,63	2,95
110	11.213,05	134	6,19	3,35
120	12.232,42	145	6,76	3,63
130	13.251,78	158	7,32	3,95
140	14.271,15	168	7,88	4,20
150	15.290,52	175	8,45	4,38
160	16.309,89	195	9,01	4,88
170	17.329,26	210	9,57	5,25
180	18.348,62	225	10,14	5,63
190	19.367,99	240	10,70	6,00
200	20.387,36	275	11,26	6,88
210	21.406,73	292	11,83	7,30



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

220	22.426,10	312	12,39	7,80
230	23.445,46	333	12,95	8,33
240	24.464,83	380	13,52	9,50
250	25.484,20	403	14,08	10,08
260	26.503,57	415	14,64	10,38
270	27.522,94	434	15,21	10,85
280	28.542,30	456	15,77	11,40
290	29.561,67	484	16,33	12,10
300	30.581,04	495	16,89	12,38
310	31.600,41	520	17,46	13,00
320	32.619,78	540	18,02	13,50
330	33.639,14	557	18,58	13,93
340	34.658,51	584	19,15	14,60
350	35.677,88	609	19,71	15,23
360	36.697,25	634	20,27	15,85
370	37.716,62	658	20,84	16,45
380	38.735,98	690	21,40	17,25
390	39.755,35	665	21,96	16,63
400	40.774,72	672	22,53	16,80
410	41.794,09	695	23,09	17,38
420	42.813,46	716	23,65	17,90
430	43.832,82	745	24,22	18,63
440	44.852,19	767	24,78	19,18
449,4	45.810,40	789	25,31	19,73
440	44.852,19	750	24,78	18,75
430	43.832,82	739	24,22	18,48
420	42.813,46	762	23,65	19,05
410	41.794,09	795	23,09	19,88
400	40.774,72	805	22,53	20,13

Modulus Elastis

Variasi	σ maks (MPa)	0.4 σ max (MPa)	ϵ (10-4)	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Teoritis ($4700 \cdot \sqrt{f_c}$)
5%	31,36	12,55	7,75	16187,91	26321,71



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Variasi 10%		Dial (...x10 ⁻³ mm)	Tegangan P/A (Mpa)	Regangan 0,5ΔL / Lo(...x10 ⁻⁴ mm)
KN	Kg			
0	0	0	0	0
10	1.019,37	8	0,56	0,20
20	2.038,74	15	1,11	0,38
30	3.058,10	23	1,67	0,58
40	4.077,47	32	2,22	0,80
50	5.096,84	38	2,78	0,95
60	6.116,21	41	3,33	1,03
70	7.135,58	59	3,89	1,48
80	8.154,94	70	4,45	1,75
90	9.174,31	78	5,00	1,95
100	10.193,68	86	5,56	2,15
110	11.213,05	95	6,11	2,38
120	12.232,42	106	6,67	2,65
130	13.251,78	118	7,22	2,95
140	14.271,15	124	7,78	3,10
150	15.290,52	141	8,34	3,53
160	16.309,89	152	8,89	3,80
170	17.329,26	160	9,45	4,00
180	18.348,62	171	10,00	4,28
190	19.367,99	180	10,56	4,50
200	20.387,36	194	11,11	4,85
210	21.406,73	207	11,67	5,18
220	22.426,10	217	12,23	5,43
230	23.445,46	230	12,78	5,75
240	24.464,83	245	13,34	6,13
250	25.484,20	260	13,89	6,50
260	26.503,57	275	14,45	6,88
270	27.522,94	291	15,01	7,28
280	28.542,30	305	15,56	7,63
290	29.561,67	320	16,12	8,00
300	30.581,04	335	16,67	8,38
310	31.600,41	344	17,23	8,60
320	32.619,78	345	17,78	8,63
330	33.639,14	345	18,34	8,63
340	34.658,51	345	18,90	8,63
350	35.677,88	346	19,45	8,65
360	36.697,25	346	20,01	8,65
370	37.716,62	347	20,56	8,68
380	38.735,98	354	21,12	8,85
390	39.755,35	365	21,67	9,13
400	40.774,72	370	22,23	9,25
410	41.794,09	416	22,79	10,40
420	42.813,46	440	23,34	11,00
430	43.832,82	455	23,90	11,38
440	44.852,19	503	24,45	12,58
450	45.871,56	539	25,01	13,48
452,3	46.106,01	562	25,14	14,05



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

450	45.871,56	568	25,01	14,20
440	44.852,19	569	24,45	14,23
430	43.832,82	635	23,90	15,88
0	0,00	0	0,00	0,00
10	1.019,37	9	0,56	0,23
20	2.038,74	18	1,11	0,45
30	3.058,10	28	1,67	0,70
40	4.077,47	35	2,22	0,88
50	5.096,84	49	2,78	1,23
60	6.116,21	58	3,33	1,45
70	7.135,58	68	3,89	1,70
80	8.154,94	80	4,45	2,00
90	9.174,31	90	5,00	2,25
100	10.193,68	102	5,56	2,55
110	11.213,05	112	6,11	2,80
120	12.232,42	124	6,67	3,10
130	13.251,78	138	7,22	3,45
140	14.271,15	148	7,78	3,70
150	15.290,52	168	8,34	4,20
160	16.309,89	182	8,89	4,55
170	17.329,26	199	9,45	4,98
180	18.348,62	212	10,00	5,30
190	19.367,99	225	10,56	5,63
200	20.387,36	239	11,11	5,98
210	21.406,73	255	11,67	6,38
220	22.426,10	270	12,23	6,75
230	23.445,46	285	12,78	7,13
240	24.464,83	302	13,34	7,55
250	25.484,20	318	13,89	7,95
260	26.503,57	335	14,45	8,38
270	27.522,94	345	15,01	8,63
280	28.542,30	360	15,56	9,00
290	29.561,67	380	16,12	9,50
300	30.581,04	398	16,67	9,95
310	31.600,41	415	17,23	10,38
320	32.619,78	432	17,78	10,80
330	33.639,14	457	18,34	11,43
340	34.658,51	471	18,90	11,78
350	35.677,88	490	19,45	12,25
360	36.697,25	506	20,01	12,65
370	37.716,62	521	20,56	13,03
380	38.735,98	525	21,12	13,13
390	39.755,35	527	21,67	13,18
400	40.774,72	530	22,23	13,25
410	41.794,09	535	22,79	13,38
420	42.813,46	540	23,34	13,50
430	43.832,82	545	23,90	13,63
440	44.852,19	550	24,45	13,75
450	45.871,56	556	25,01	13,90
460	46.890,93	579	25,56	14,48



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

470	47.910,30	601	26,12	15,03
480	48.929,66	627	26,68	15,68
490	49.949,03	654	27,23	16,35
500	50.968,40	684	27,79	17,10
501,7	51.141,69	715	27,88	17,88
500	50.968,40	750	27,79	18,75
490	49.949,03	795	27,23	19,88
0	0	0	0,00	0,00
10	1.019,37	15	0,56	0,38
20	2.038,74	29	1,11	0,73
30	3.058,10	36	1,67	0,90
40	4.077,47	50	2,22	1,25
50	5.096,84	60	2,78	1,50
60	6.116,21	69	3,33	1,73
70	7.135,58	84	3,89	2,10
80	8.154,94	98	4,45	2,45
90	9.174,31	108	5,00	2,70
100	10.193,68	121	5,56	3,03
110	11.213,05	134	6,11	3,35
120	12.232,42	145	6,67	3,63
130	13.251,78	150	7,22	3,75
140	14.271,15	160	7,78	4,00
150	15.290,52	175	8,34	4,38
160	16.309,89	190	8,89	4,75
170	17.329,26	202	9,45	5,05
180	18.348,62	218	10,00	5,45
190	19.367,99	234	10,56	5,85
200	20.387,36	245	11,11	6,13
210	21.406,73	278	11,67	6,95
220	22.426,10	296	12,23	7,40
230	23.445,46	307	12,78	7,68
240	24.464,83	322	13,34	8,05
250	25.484,20	342	13,89	8,55
260	26.503,57	354	14,45	8,85
270	27.522,94	372	15,01	9,30
280	28.542,30	386	15,56	9,65
290	29.561,67	398	16,12	9,95
300	30.581,04	420	16,67	10,50
310	31.600,41	434	17,23	10,85
320	32.619,78	454	17,78	11,35
330	33.639,14	468	18,34	11,70
340	34.658,51	483	18,90	12,08
350	35.677,88	505	19,45	12,63
360	36.697,25	532	20,01	13,30
370	37.716,62	536	20,56	13,40
380	38.735,98	558	21,12	13,95
390	39.755,35	575	21,67	14,38
400	40.774,72	583	22,23	14,58
410	41.794,09	585	22,79	14,63
420	42.813,46	604	23,34	15,10



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

430	43.832,82	615	23,90	15,38
440	44.852,19	635	24,45	15,88
450	45.871,56	655	25,01	16,38
460	46.890,93	685	25,56	17,13
470	47.910,30	714	26,12	17,85
475,5	48.470,95	775	26,43	19,38
470	47.910,30	765	26,12	19,13
460	46.890,93	745	25,56	18,63
450	45.871,56	735	25,01	18,38
440	44.852,19	724	24,45	18,10

Modulus Elastis

Variasi	σ maks (MPa)	0.4 σ max (MPa)	ϵ (10 ⁻⁴)	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Teoritis (4700* $\sqrt{f'c}$)
10%	26,48	10,59	5,10	20769,75	24186,25





Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Beban (Variasi 15%)		Dial (...x10 ⁻³ mm)	Tegangan P/A (Mpa)	Regangan 0,5ΔL / Lo(...x10 ⁻⁴ mm)
KN	Kg			
0	0	0	0	0
10	1.019,37	14	0,57	0,35
20	2.038,74	28	1,13	0,70
30	3.058,10	39	1,70	0,98
40	4.077,47	54	2,26	1,35
50	5.096,84	69	2,83	1,73
60	6.116,21	84	3,39	2,10
70	7.135,58	99	3,96	2,48
80	8.154,94	115	4,52	2,88
90	9.174,31	136	5,09	3,40
100	10.193,68	151	5,65	3,78
110	11.213,05	172	6,22	4,30
120	12.232,42	192	6,79	4,80
130	13.251,78	209	7,35	5,23
140	14.271,15	223	7,92	5,58
150	15.290,52	237	8,48	5,93
160	16.309,89	254	9,05	6,35
170	17.329,26	272	9,61	6,80
180	18.348,62	291	10,18	7,28
190	19.367,99	310	10,74	7,75
200	20.387,36	327	11,31	8,18
210	21.406,73	349	11,87	8,73
220	22.426,10	370	12,44	9,25
230	23.445,46	388	13,00	9,70
240	24.464,83	407	13,57	10,18
250	25.484,20	426	14,14	10,65
260	26.503,57	445	14,70	11,13
270	27.522,94	465	15,27	11,63
280	28.542,30	485	15,83	12,13
290	29.561,67	510	16,40	12,75
300	30.581,04	530	16,96	13,25
310	31.600,41	550	17,53	13,75
320	32.619,78	578	18,09	14,45
330	33.639,14	603	18,66	15,08
340	34.658,51	625	19,22	15,63
350	35.677,88	651	19,79	16,28
360	36.697,25	680	20,36	17,00
370	37.716,62	709	20,92	17,73
380	38.735,98	741	21,49	18,53
390	39.755,35	774	22,05	19,35
400	40.774,72	810	22,62	20,25
410	41.794,09	850	23,18	21,25
420	42.813,46	891	23,75	22,28
430	43.832,82	932	24,31	23,30
440	44.852,19	986	24,88	24,65
450	45.871,56	1036	25,44	25,90
460	46.890,93	1055	26,01	26,38

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

470	47.910,30	1066	26,57	26,65
480	48.929,66	1080	27,14	27,00
490	49.949,03	1099	27,71	27,48
500	50.968,40	1128	28,27	28,20
510	51.987,77	1173	28,84	29,33
520	53.007,14	1245	29,40	31,13
524,1	53.425,08	1256	29,63	31,40
520	53.007,14	1302	29,40	32,55
510	51.987,77	1320	28,84	33,00
500	50.968,40	1334	28,27	33,35
490	49.949,03	1346	27,71	33,65
0	0,00	0	0,00	0,00
10	1.019,37	10	0,56	0,25
20	2.038,74	21	1,11	0,53
30	3.058,10	33	1,67	0,83
40	4.077,47	44	2,22	1,10
50	5.096,84	60	2,78	1,50
60	6.116,21	70	3,33	1,75
70	7.135,58	86	3,89	2,15
80	8.154,94	100	4,44	2,50
90	9.174,31	122	5,00	3,05
100	10.193,68	126	5,55	3,15
110	11.213,05	138	6,11	3,45
120	12.232,42	155	6,66	3,88
130	13.251,78	165	7,22	4,13
140	14.271,15	180	7,77	4,50
150	15.290,52	198	8,33	4,95
160	16.309,89	213	8,88	5,33
170	17.329,26	229	9,44	5,73
180	18.348,62	244	9,99	6,10
190	19.367,99	260	10,55	6,50
200	20.387,36	278	11,10	6,95
210	21.406,73	288	11,66	7,20
220	22.426,10	316	12,21	7,90
230	23.445,46	334	12,77	8,35
240	24.464,83	354	13,32	8,85
250	25.484,20	372	13,88	9,30
260	26.503,57	393	14,43	9,83
270	27.522,94	410	14,99	10,25
280	28.542,30	433	15,54	10,83
290	29.561,67	455	16,10	11,38
300	30.581,04	475	16,65	11,88
310	31.600,41	496	17,21	12,40
320	32.619,78	520	17,76	13,00
330	33.639,14	543	18,32	13,58
340	34.658,51	568	18,87	14,20
350	35.677,88	592	19,43	14,80
360	36.697,25	616	19,98	15,40
370	37.716,62	638	20,54	15,95
380	38.735,98	655	21,09	16,38

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

390	39.755,35	670	21,65	16,75
400	40.774,72	686	22,20	17,15
410	41.794,09	694	22,76	17,35
420	42.813,46	690	23,31	17,25
430	43.832,82	695	23,87	17,38
440	44.852,19	704	24,42	17,60
450	45.871,56	719	24,98	17,98
460	46.890,93	740	25,53	18,50
470	47.910,30	776	26,09	19,40
480	48.929,66	825	26,64	20,63
485,8	49.520,90	928	26,96	23,20
480	48.929,66	978	26,64	24,45
470	47.910,30	1015	26,09	25,38
460	46.890,93	1040	25,53	26,00
450	45.871,56	1060	24,98	26,50
440	44.852,19	1080	24,42	27,00
0	0	0	0,00	0,00
10	1.019,37	10	0,56	0,25
20	2.038,74	21	1,13	0,53
30	3.058,10	34	1,69	0,85
40	4.077,47	48	2,26	1,20
50	5.096,84	62	2,82	1,55
60	6.116,21	75	3,39	1,88
70	7.135,58	85	3,95	2,13
80	8.154,94	100	4,52	2,50
90	9.174,31	120	5,08	3,00
100	10.193,68	130	5,65	3,25
110	11.213,05	140	6,21	3,50
120	12.232,42	155	6,78	3,88
130	13.251,78	165	7,34	4,13
140	14.271,15	175	7,91	4,38
150	15.290,52	190	8,47	4,75
160	16.309,89	216	9,03	5,40
170	17.329,26	259	9,60	6,48
180	18.348,62	278	10,16	6,95
190	19.367,99	290	10,73	7,25
200	20.387,36	310	11,29	7,75
210	21.406,73	325	11,86	8,13
220	22.426,10	350	12,42	8,75
230	23.445,46	365	12,99	9,13
240	24.464,83	375	13,55	9,38
250	25.484,20	395	14,12	9,88
260	26.503,57	415	14,68	10,38
270	27.522,94	445	15,25	11,13
280	28.542,30	465	15,81	11,63
290	29.561,67	485	16,38	12,13
300	30.581,04	505	16,94	12,63
310	31.600,41	515	17,50	12,88
320	32.619,78	520	18,07	13,00
330	33.639,14	537	18,63	13,43



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

340	34.658,51	555	19,20	13,88
350	35.677,88	570	19,76	14,25
360	36.697,25	583	20,33	14,58
370	37.716,62	597	20,89	14,93
380	38.735,98	607	21,46	15,18
390	39.755,35	614	22,02	15,35
400	40.774,72	635	22,59	15,88
410	41.794,09	656	23,15	16,40
420	42.813,46	676	23,72	16,90
430	43.832,82	685	24,28	17,13
440	44.852,19	697	24,85	17,43
450	45.871,56	705	25,41	17,63
460	46.890,93	717	25,97	17,93
470	47.910,30	726	26,54	18,15
480	48.929,66	770	27,10	19,25
490	49.949,03	785	27,67	19,63
495,5	50.509,68	794	27,98	19,85
490	49.949,03	824	27,67	20,60
480	48.929,66	910	27,10	22,75
470	47.910,30	970	26,54	24,25

Modulus Elastisitas

Variasi	σ maks (MPa)	0.4 σ max (MPa)	ϵ (10 ⁻⁴)	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Teoritis (4700* $\sqrt{f'c}$)
15%	28,19	11,28	7,10	15882,68	24955,08



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Beban (Variasi 20%)		Dial (...x10 ⁻³ mm)	Tegangan P/A (Mpa)	Regangan 0,5ΔL / Lo(...x10 ⁻⁴ mm)
KN	Kg			
0	0	0	0	0
10	1.019,37	9	0,56	0,23
20	2.038,74	18	1,13	0,45
30	3.058,10	25	1,69	0,63
40	4.077,47	33	2,26	0,83
50	5.096,84	43	2,82	1,08
60	6.116,21	54	3,38	1,35
70	7.135,58	66	3,95	1,65
80	8.154,94	81	4,51	2,03
90	9.174,31	99	5,08	2,48
100	10.193,68	116	5,64	2,90
110	11.213,05	136	6,20	3,40
120	12.232,42	156	6,77	3,90
130	13.251,78	176	7,33	4,40
140	14.271,15	196	7,89	4,90
150	15.290,52	217	8,46	5,43
160	16.309,89	286	9,02	7,15
170	17.329,26	386	9,59	9,65
180	18.348,62	409	10,15	10,23
190	19.367,99	433	10,71	10,83
200	20.387,36	455	11,28	11,38
210	21.406,73	476	11,84	11,90
220	22.426,10	501	12,41	12,53
230	23.445,46	523	12,97	13,08
240	24.464,83	549	13,53	13,73
250	25.484,20	575	14,10	14,38
260	26.503,57	595	14,66	14,88
270	27.522,94	614	15,23	15,35
280	28.542,30	581	15,79	14,53
290	29.561,67	602	16,35	15,05
300	30.581,04	625	16,92	15,63
310	31.600,41	649	17,48	16,23
320	32.619,78	674	18,05	16,85
330	33.639,14	758	18,61	18,95
340	34.658,51	760	19,17	19,00
350	35.677,88	778	19,74	19,45
360	36.697,25	807	20,30	20,18
370	37.716,62	834	20,86	20,85
380	38.735,98	864	21,43	21,60
390	39.755,35	894	21,99	22,35
398,6	40.632,01	920	22,48	23,00
390	39.755,35	943	21,99	23,58
380	38.735,98	940	21,43	23,50
370	37.716,62	935	20,86	23,38
0	0,00	0	0,00	0,00
10	1.019,37	9	0,56	0,23
20	2.038,74	17	1,13	0,43
30	3.058,10	27	1,69	0,68



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

40	4.077,47	36	2,26	0,90
50	5.096,84	46	2,82	1,15
60	6.116,21	69	3,38	1,73
70	7.135,58	72	3,95	1,80
80	8.154,94	84	4,51	2,10
90	9.174,31	98	5,08	2,45
100	10.193,68	112	5,64	2,80
110	11.213,05	126	6,20	3,15
120	12.232,42	145	6,77	3,63
130	13.251,78	164	7,33	4,10
140	14.271,15	178	7,89	4,45
150	15.290,52	195	8,46	4,88
160	16.309,89	213	9,02	5,33
170	17.329,26	230	9,59	5,75
180	18.348,62	245	10,15	6,13
190	19.367,99	267	10,71	6,68
200	20.387,36	280	11,28	7,00
210	21.406,73	293	11,84	7,33
220	22.426,10	314	12,41	7,85
230	23.445,46	329	12,97	8,23
240	24.464,83	350	13,53	8,75
250	25.484,20	368	14,10	9,20
260	26.503,57	390	14,66	9,75
270	27.522,94	411	15,23	10,28
280	28.542,30	430	15,79	10,75
290	29.561,67	456	16,35	11,40
300	30.581,04	474	16,92	11,85
310	31.600,41	492	17,48	12,30
320	32.619,78	515	18,05	12,88
330	33.639,14	533	18,61	13,33
340	34.658,51	560	19,17	14,00
350	35.677,88	578	19,74	14,45
360	36.697,25	597	20,30	14,93
370	37.716,62	617	20,86	15,43
380	38.735,98	639	21,43	15,98
390	39.755,35	664	21,99	16,60
400	40.774,72	685	22,56	17,13
410	41.794,09	705	23,12	17,63
420	42.813,46	730	23,68	18,25
430	43.832,82	763	24,25	19,08
440	44.852,19	800	24,81	20,00
450	45.871,56	833	25,38	20,83
460	46.890,93	868	25,94	21,70
470	47.910,30	908	26,50	22,70
480	48.929,66	940	27,07	23,50
490	49.949,03	975	27,63	24,38
500	50.968,40	1023	28,20	25,58
510	51.987,77	1066	28,76	26,65
520	53.007,14	1092	29,32	27,30
530	54.026,50	1147	29,89	28,68



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

540	55.045,87	1183	30,45	29,58
550	56.065,24	1215	31,02	30,38
560	57.084,61	1287	31,58	32,18
570	58.103,98	1315	32,14	32,88
576,6	58.776,76	1335	32,52	33,38
570	58.103,98	1390	32,14	34,75
560	57.084,61	1425	31,58	35,63
550	56.065,24	1455	31,02	36,38
540	55.045,87	1485	30,45	37,13
0	0	0	0,00	0,00
10	1.019,37	11	0,56	0,28
20	2.038,74	26	1,13	0,65
30	3.058,10	31	1,69	0,78
40	4.077,47	37	2,26	0,93
50	5.096,84	44	2,82	1,10
60	6.116,21	58	3,38	1,45
70	7.135,58	75	3,95	1,88
80	8.154,94	90	4,51	2,25
90	9.174,31	99	5,08	2,48
100	10.193,68	110	5,64	2,75
110	11.213,05	126	6,20	3,15
120	12.232,42	135	6,77	3,38
130	13.251,78	150	7,33	3,75
140	14.271,15	161	7,89	4,03
150	15.290,52	180	8,46	4,50
160	16.309,89	190	9,02	4,75
170	17.329,26	209	9,59	5,23
180	18.348,62	220	10,15	5,50
190	19.367,99	235	10,71	5,88
200	20.387,36	245	11,28	6,13
210	21.406,73	265	11,84	6,63
220	22.426,10	282	12,41	7,05
230	23.445,46	295	12,97	7,38
240	24.464,83	315	13,53	7,88
250	25.484,20	334	14,10	8,35
260	26.503,57	354	14,66	8,85
270	27.522,94	360	15,23	9,00
280	28.542,30	375	15,79	9,38
290	29.561,67	395	16,35	9,88
300	30.581,04	415	16,92	10,38
310	31.600,41	435	17,48	10,88
320	32.619,78	459	18,05	11,48
330	33.639,14	482	18,61	12,05
340	34.658,51	509	19,17	12,73
350	35.677,88	535	19,74	13,38
360	36.697,25	565	20,30	14,13
370	37.716,62	592	20,86	14,80
380	38.735,98	619	21,43	15,48
390	39.755,35	825	21,99	20,63
400	40.774,72	870	22,56	21,75



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

410	41.794,09	910	23,12	22,75
420	42.813,46	965	23,68	24,13
430	43.832,82	1016	24,25	25,40
435,1	44.352,70	1085	24,54	27,13
430	43.832,82	1160	24,25	29,00
420	42.813,46	1266	23,68	31,65
410	41.794,09	1322	23,12	33,05

Modulus Elastis

Kombinasi	σ maks (MPa)	0.4 σ max (MPa)	ϵ (10-4)	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Teoritis ($4700 \cdot \sqrt{f'c}$)
variasi 20%	26,33	10,53	5,60	18807,28	24117,09





Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL UJI TEGANGAN DAN REGANGAN VARIASI 5%

Kode	No	D (cm)	T (cm)	A (mm ²)	Volume (m ³)	Berat (kg)	BeratVolume (kg/m ³)	Beban Max (kN)	F'c (Mpa)	F'c rerata
BN 5%	1	15,04	30,42	17756,83	0,0054	12,40	2295,60	571,50	32,18	31,36
	2	15,28	30,36	18328,05	0,0056	12,30	2210,48	559,80	30,54	
	3	15,04	30,35	17756,83	0,0054	12,40	2308,51	449,40	25,31	



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL UJI TEGANGAN DAN REGANGAN VARIASI 10%

Kode	No	D (cm)	T (cm)	A (mm ²)	Volume (m ³)	Berat (kg)	BeratVolume (kg/m ³)	Beban Max (kN)	F'c (Mpa)	F'c rerata
BN 10%	1	15,14	30,33	17993,74	0,0055	12,30	2253,78	452,30	25,14	26,48
	2	15,14	30,39	17993,74	0,0055	12,60	2304,19	501,70	27,88	
	3	15,14	30,14	17993,74	0,0054	12,30	2267,99	475,50	26,43	



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL UJI TEGANGAN DAN REGANGAN VARIASI 15%

Kode	No	D (cm)	T (cm)	A (mm ²)	Volume (m ³)	Berat (kg)	BeratVolume (kg/m ³)	Beban Max (kN)	F'c (Mpa)	F'c rerata
BN 15%	1	15,01	30,02	17686,06	0,0053	12,10	2279,00	524,10	29,63	28,15
	2	15,15	30,16	18017,52	0,0054	12,20	2245,09	485,80	26,96	
	3	15,02	30,14	17709,63	0,0053	12,30	2304,37	495,50	27,98	



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL UJI TEGANGAN DAN REGANGAN VARIASI 20%

Kode	No	D (cm)	T (cm)	A (mm ²)	Volume (m ³)	Berat (kg)	BeratVolume (kg/m ³)	Beban Max (kN)	F'c (Mpa)	F'c rerata
BN 20%	1	15,03	30,24	17733,22	0,0054	12,40	2312,34	398,60	22,48	26,33
	2	15,11	30,14	17922,50	0,0054	12,30	2277,00	576,60	32,17	
	3	15,09	30,14	17875,09	0,0054	12,20	2264,48	435,10	24,34	



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707





Perhitungan Berat Volume Beton Silinder

Benda Uji	Berat Volume Rerata (Kg/m ³)
BN	2262,43
	2286,86
	2256,44
Vrerata	2268,58
B5%	2295,60
	2228,45
	2289,89
Vrerata	2271,32
B10%	2253,78
	2304,19
	2267,99
Vrerata	2275,32
B15%	2279,00
	2245,09
	2304,37
Vrerata	2276,15
B20%	2312,34
	2277,00
	2264,48
Vrerata	2284,61



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Perhitungan Berat Volume Beton Balok

Benda Uji	Berat Volume Rerata (Kg/m ³)
BN	2272,76
	2310,21
	2253,45
Vrerata	2278,81
B5%	2354,10
	2241,16
	2243,96
Vrerata	2279,74
B10%	2318,86
	2313,24
	2221,30
Vrerata	2284,47
B15%	2336,59
	2276,76
	2246,06
Vrerata	2286,47
B20%	2281,33
	2315,62
	2272,80
Vrerata	2289,92

Perhitungan f_c' rencana (≥ 20 MPa) dan f_c' target ($\geq f_c' + 1,64s$)

Beton Silinder Umur 3 Hari

Variasi	FAS	Kuat Tekan (MPa)	konversi 28 hari	Syarat $\geq f_c' \geq 20$ MPa	Syarat $\geq f_c' + 0,64s \geq 29,18$ MPa
BN	0,52	19,52	48,80	Terpenuhi	Terpenuhi
B5%	0,49	18,81	47,03	Terpenuhi	Terpenuhi
B10%	0,56	19,62	49,05	Terpenuhi	Terpenuhi
B15%	0,54	13,90	34,75	Terpenuhi	Terpenuhi
B20%	0,56	18,25	45,63	Terpenuhi	Terpenuhi

Beton Silinder Umur 7 Hari

Variasi	FAS	Kuat Tekan (MPa)	konversi 28 hari	Syarat $\geq f_c' \geq 20$ MPa	Syarat $\geq f_c' + 0,64s \geq 29,18$ MPa
BN	0,52	20,63	31,74	Terpenuhi	Terpenuhi
B5%	0,49	24,05	37,00	Terpenuhi	Terpenuhi
B10%	0,56	23,60	36,31	Terpenuhi	Terpenuhi
B15%	0,54	21,51	33,09	Terpenuhi	Terpenuhi
B20%	0,56	24,94	38,37	Terpenuhi	Terpenuhi

Beton Silinder Umur 14 Hari

Variasi	FAS	Kuat Tekan (MPa)	konversi 28 hari	Syarat $\geq f_c' \geq 20$ MPa	Syarat $\geq f_c' + 0,64s \geq 29,18$ MPa
BN	0,52	28,44	32,32	Terpenuhi	Terpenuhi
B5%	0,49	33,17	37,69	Terpenuhi	Terpenuhi
B10%	0,56	29,86	33,93	Terpenuhi	Terpenuhi
B15%	0,54	21,92	24,91	Terpenuhi	Tidak Terpenuhi
B20%	0,56	27,31	31,03	Terpenuhi	Terpenuhi



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Beton Silinder Umur 21 Hari

Variasi	FAS	Kuat Tekan (MPa)	konversi 28 hari	Syarat $\geq f_c' \geq 20$ MPa	Syarat $\geq f_c' + 0,64s \geq 29,18$ MPa
BN	0,52	26,47	27,86	Terpenuhi	Tidak Terpenuhi
B5%	0,49	31,72	33,39	Terpenuhi	Terpenuhi
B10%	0,56	27,11	28,54	Terpenuhi	Tidak Terpenuhi
B15%	0,54	26,47	27,86	Terpenuhi	Tidak Terpenuhi
B20%	0,56	26,94	28,36	Terpenuhi	Tidak Terpenuhi

Beton Silinder Umur 28 Hari

Variasi	FAS	Kuat Tekan (MPa)	konversi 28 hari	Syarat $\geq f_c' \geq 20$ MPa	Syarat $\geq f_c' + 0,64s \geq 29,18$ MPa
BN	0,52	29,25	29,25	Terpenuhi	Terpenuhi
B5%	0,49	31,76	31,76	Terpenuhi	Terpenuhi
B10%	0,56	26,48	26,48	Terpenuhi	Tidak Terpenuhi
B15%	0,54	28,19	28,19	Terpenuhi	Tidak Terpenuhi
B20%	0,56	26,33	26,33	Terpenuhi	Tidak Terpenuhi

Angka Konversi Umur Beton

Umur (hari)	Angka Konversi
3	0,4
4	0,46
5	0,525
6	0,587
7	0,65
8	0,683
9	0,716
10	0,748
11	0,781
12	0,814
13	0,85
14	0,88
15	0,89
16	0,9
17	0,91
18	0,92
19	0,93
20	0,94
21	0,95
22	0,957
23	0,964
24	0,971
25	0,979
26	0,986
27	0,993
28	1



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707,895042 fax:(0274)895330 Yogyakarta 55584

Hasil Pengujian Kuat Tekan benda Uji

No. / Ka. Ops/ LBKT/ /2011

Penguji : Jaka Setya Andika
 Keperluan : Tugas Akhir

Dibuat : 12 April 2011
 Diuji : 15 April 2011

Pengujian Kuat Desak Beton Umur 3 Hari

Benda Uji	No	Dimensi Benda uji		Berat (Kg)	P maks (KN)	Luas Tampang Benda Uji (mm ²)	Volume Benda Uji (mm ³)	Kuat Tekan 3 Hari (Mpa)	Kuat Tekan Rerata 3 Hari (Mpa)
		Diameter (cm)	Tinggi (cm)						
BN silinder	1	15,11	30,10	12,10	305,30	17922,50	5394672,45	17,03	19,52
	2	15,05	30,40	12,10	410,50	17780,45	5405255,66	23,09	
	3	15,01	30,06	12,20	325,90	17686,06	5316428,99	18,43	
B5% silinder	1	15,01	30,14	12,00	405,40	17686,06	5330577,84	22,92	18,81
	2	15,01	30,21	12,00	290,00	17686,06	5342958,08	16,40	
	3	15,11	30,19	12,10	306,60	17922,50	5410802,70	17,11	
B10% silinder	1	15,01	30,21	12,00	323,20	17686,06	5342958,08	18,27	19,07
	2	15,18	30,38	12,30	334,70	18088,94	5495421,00	18,50	
	3	15,11	30,14	12,30	366,00	17922,50	5401841,45	20,42	
B15% silinder	1	15,22	30,22	12,10	248,50	18184,40	5495325,50	13,67	13,90
	2	15,50	30,22	12,10	280,00	18859,63	5699378,68	14,85	
	3	14,90	30,25	12,20	230,00	17427,79	5271904,96	13,20	
B20% silinder	1	15,12	30,40	12,30	324,70	17946,23	5455654,04	18,09	18,25
	2	15,35	30,30	12,10	325,50	18496,37	5604398,97	17,60	
	3	15,10	30,34	12,00	341,40	17898,79	5430491,37	19,07	

Yogyakarta, 15 April
 2011

Disahkan

Dikerjakan

Ir.H.A Kadir Aboe

Jaka Setya Andika



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

Jln. Kaliurang Km 14.4 Tlp.(0274)895707,895042 fax:(0274)895330 Yogyakarta 55584

Hasil Pengujian Kuat Tekan benda Uji

No. / Ka. Ops/ LBKT/ /2011

Penguji : Jaka Setya Andika

Keperluan : Tugas Akhir

Pengujian Kuat Desak Beton Umur 7 Hari

Benda Uji	No	Dimensi Benda uji		Berat (Kg)	P maks (KN)	Luas Tampang Benda Uji (mm ²)	Volume Benda Uji (mm ³)	Kuat Tekan 7 Hari (Mpa)	Kuat Tekan Rerata 7 Hari (Mpa)
		Diameter (cm)	Tinggi (cm)						
BN silinder	1	15,05	30,08	12,50	467,60	17780,45	5348358,23	26,30	20,63
	2	15,05	30,10	12,30	314,30	17780,45	5351914,32	17,68	
	3	15,25	30,20	12,50	326,90	18256,16	5513359,19	17,91	
B5% silinder	1	15,10	30,50	12,50	424,40	17898,79	5459129,43	23,71	24,05
	2	15,50	30,40	12,40	423,00	18859,63	5733326,00	22,43	
	3	15,05	30,50	12,40	462,50	17780,45	5423036,11	26,01	
B10% silinder	1	15,50	30,12	12,40	374,60	18859,63	5680519,05	19,86	23,60
	2	15,05	30,20	12,50	499,90	17780,45	5369694,77	28,12	
	3	15,05	30,20	12,30	405,80	17780,45	5369694,77	22,82	
B15% silinder	1	15,11	30,09	12,20	409,70	17922,50	5392880,20	22,86	21,51
	2	15,07	30,06	12,30	380,60	17827,73	5359017,04	21,35	
	3	15,16	30,11	12,30	366,70	18041,31	5432238,32	20,33	
B20% silinder	1	14,98	30,19	12,20	461,10	17615,43	5318098,74	26,18	24,94
	2	15,11	30,20	12,30	407,30	17922,50	5412594,95	22,73	
	3	15,31	30,09	12,30	476,70	18400,09	5536588,24	25,91	

Yogyakarta, 19 April
2011

Disahkan

Dikerjakan

Ir.H.A Kadir Aboe

Jaka Setya Andika



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

Jln. Kaliurang Km 14.4 Tlp (0274)895707,895042 fax:(0274)895330 Yogyakarta 55584

Hasil Pengujian Kuat Tekan benda Uji

No. / Ka. Ops/ LBKT/ /2011

Penguji : Jaka Setya Andika

Keperluan : Tugas Akhir

Dibuat : 12 April 2011

Diuji : 26 April 2011

Pengujian Kuat Desak Beton Umur 14 Hari

Benda Uji	No	Dimensi Benda uji		Berat (Kg)	P maks (KN)	Luas Tampang Benda Uji (cm ²)	Volume Benda Uji (cm ³)	Kuat Tekan 14 Hari (Mpa)	Kuat Tekan Rerata 14 Hari (Mpa)
		Diameter (cm)	Tinggi (cm)						
BN silinder	1	15,19	30,12	12,30	530,70	18112,78	5455570,50	29,30	28,44
	2	15,09	30,37	12,40	413,60	17875,09	5428663,57	23,14	
	3	15,14	30,16	12,30	591,80	17993,74	5426911,56	32,89	
B5% silinder	1	15,08	30,16	12,20	659,60	17851,40	5383982,96	36,95	33,17
	2	15,09	30,25	12,20	453,70	17875,09	5407213,47	25,38	
	3	15,11	30,21	12,20	666,50	17922,50	5414387,20	37,19	
B10% silinder	1	15,05	30,30	12,30	531,50	17780,45	5387475,21	29,89	29,86
	2	15,09	30,12	12,30	479,50	17875,09	5383975,86	26,83	
	3	15,02	30,48	12,40	582,00	17709,63	5397895,65	32,86	
B15% silinder	1	15,09	30,08	12,00	391,00	17875,09	5376825,82	21,87	21,92
	2	15,01	30,18	12,10	374,50	17686,06	5337652,26	21,17	
	3	15,18	30,05	12,10	410,80	18088,94	5435727,49	22,71	
B20% silinder	1	15,12	30,15	12,20	441,50	17946,23	5410788,47	24,60	27,31
	2	15,04	30,41	12,30	494,10	17756,83	5399850,66	27,83	
	3	15,14	30,21	12,10	530,70	17993,74	5435908,43	29,49	

Yogyakarta, 26 April

2011

Dikerjakan

Disahkan

Ir.H.A Kadir Aboe

Jaka Setya Andika



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

Jln. Kaliurang Km 14.4 Tlp.(0274)895707.895042 fax:(0274)895330 Yogyakarta 55584

Hasil Pengujian Kuat Tekan benda Uji

No. / Ka. Ops/ LBKT/ /2011

Penguji : Jaka Setya Andika

Keperluan : Tugas Akhir

Dibuat : 12 April 2011

Diuji : 3 Mei 2011

Pengujian Kuat Desak Beton Umur 21Hari

Benda Uji	No	Dimensi Benda uji		Berat (Kg)	P maks (KN)	Luas Tampang Benda Uji (cm ²)	Volume Benda Uji (cm ³)	Kuat Tekan 21 Hari (Mpa)	Kuat Tekan Rerata 21 Hari (Mpa)
		Diameter (cm)	Tinggi (cm)						
BN silinder	1	15,11	30,51	12,40	482,80	17922,50	5468154,70	26,94	28,92
	2	15,05	30,16	12,20	536,50	17780,45	5362582,59	30,17	
	3	15,12	30,31	12,40	531,90	17946,23	5439502,43	29,64	
B5% silinder	1	15,01	30,41	12,10	297,50	17686,06	5378330,19	16,82	31,72
	2	15,18	30,54	12,32	605,70	18088,94	5524363,31	33,48	
	3	15,04	30,31	12,20	531,80	17756,83	5382093,84	29,95	
B10% silinder	1	15,02	30,24	12,40	499,00	17709,63	5355392,54	28,18	27,11
	2	15,08	30,34	12,30	494,30	17851,40	5416115,49	27,69	
	3	15,08	30,11	12,30	454,70	17851,40	5375057,26	25,47	
B15% silinder	1	15,02	30,19	12,10	471,10	17709,63	5346537,72	26,60	26,47
	2	15,00	30,00	12,10	446,80	17662,50	5298750,00	25,30	
	3	15,08	30,14	12,10	490,90	17851,40	5380412,68	27,50	
B20% silinder	1	15,02	30,11	12,20	440,00	17709,63	5332370,01	24,85	26,94
	2	15,05	30,19	12,20	473,50	17780,45	5367916,72	26,63	
	3	15,15	30,22	12,40	490,90	18017,52	5444893,41	27,25	

Yogyakarta, 3 Mei
2011

Disahkan

Dikerjakan

Ir.H.A Kadir Aboe

Jaka Setya Andika



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

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707,895042 fax:(0274)895330 Yogyakarta 55584

Hasil Pengujian Kuat Tekan benda Uji

No. / Ka. Ops/ LBKT/ /2011

Penguji : Jaka Setya Andika

Keperluan : Tugas Akhir

Dibuat : 12 April 2011

Diuji : 10 Mei 2011

Pengujian Kuat Desak Beton Umur 28 Hari

Benda Uji	No	Dimensi Benda uji		Berat (Kg)	P maks (KN)	Luas Tampang Benda Uji (cm ²)	Volume Benda Uji (cm ³)	Kuat Tekan 28 Hari (Mpa)	Kuat Tekan Rerata 28 Hari (Mpa)
		Diameter (cm)	Tinggi (cm)						
BN silinder	1	15,21	30,18	12,40	525,89	18160,51	5480842,48	28,96	29,25
	2	15,04	30,29	12,30	519,80	17756,83	5378542,47	29,27	
	3	15,21	30,26	12,40	530,76	18160,51	5495370,89	29,23	
B5% silinder	1	15,04	30,42	12,40	571,50	17756,83	5401626,35	32,18	31,36
	2	15,28	30,36	12,40	559,80	18328,05	5564397,32	30,54	
	3	15,04	30,25	12,30	449,40	17756,83	5371439,74	25,31	
B10% silinder	1	15,14	30,33	12,30	452,30	17993,74	5457500,92	25,14	26,48
	2	15,14	30,39	12,60	501,70	17993,74	5468297,16	27,88	
	3	15,14	30,14	12,30	475,50	17993,74	5423312,81	26,43	
B15% silinder	1	15,01	30,02	12,10	524,10	17686,06	5309354,57	29,63	28,19
	2	15,15	30,16	12,20	485,80	18017,52	5434082,90	26,96	
	3	15,02	30,14	12,30	495,50	17709,63	5337682,90	27,98	
B20% silinder	1	15,03	30,24	12,40	398,60	17733,22	5362525,92	22,48	26,33
	2	15,11	30,14	12,30	576,60	17922,50	5401841,45	32,17	
	3	15,09	30,14	12,20	435,10	17875,09	5387550,88	24,34	

Yogyakarta, 10 Mei
2011

Disahkan

Dikerjakan

Ir.H.A Kadir Aboe

Jaka Setya Andika



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

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707,895042 fax:(0274)895330 Yogyakarta 55584

HASIL UJI BETON

Penguji : Jaka Setya Andika

Dibuat : 12 April 2011

Diuji : 15 April 2011

Pengujian kuat geser balok
umur 3 hari

Benda Uji	No	Dimensi Benda uji			Berat (Kg)	P maks (Kg)	Keterangan	Luas Tampang Benda Uji (mm ²)	Kuat Tekan 3 Hari (Mpa)	Kuat Tekan Rerata 3 hari (Mpa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)						
BN kubus	1	30,11	6,10	25,22	10,40	4140	GESER	18367,10	22,54	20,81
	2	30,29	6,18	25,21	10,50	4330	GESER	18719,22	23,13	
	3	30,23	6,22	25,41	10,70	3150	GESER	18803,06	16,75	
B5% kubus	1	29,94	6,24	25,18	10,60	5020	GESER	18682,56	26,87	22,28
	2	30,07	6,13	25,48	10,40	4530	LENTUR	18432,91	24,58	
	3	30,11	6,17	25,33	10,50	2860	GESER	18577,87	15,39	
B10% kubus	1	30,48	6,07	25,49	10,60	4500	LENTUR	18501,36	24,32	22,39
	2	30,49	6,16	25,19	10,65	4560	LENTUR	18781,84	24,28	
	3	30,49	6,04	25,49	10,60	3420	GESER	18415,96	18,57	
B15% kubus	1	30,20	6,20	25,61	10,80	4100	GESER	18724,00	21,90	20,56
	2	30,32	6,10	25,39	10,80	3480	GESER	18495,20	18,82	
	3	30,31	6,20	25,62	10,70	3940	GESER	18792,20	20,97	
B20% kubus	1	30,15	6,20	25,42	10,70	4110	GESER	18693,00	21,99	22,17
	2	30,11	6,15	25,41	10,70	3860	GESER	18517,65	20,84	
	3	30,11	6,20	25,52	10,60	4420	GESER	18668,20	23,68	

Lanjutan tabel diatas

Kuat Geser Rerata V_{cT} (Mpa)	Kuat Geser Uji V_{cu} (Mpa)	Kuat Geser Rerata V_{cU} (Mpa)
0,76	1,13	1,04
	1,16	
	0,84	
0,79	1,34	1,11
	1,23	
	0,77	
0,79	1,22	1,12
	1,21	
	0,93	
0,76	1,09	1,03
	0,94	
	1,05	
0,78	1,10	1,11
	1,04	
	1,18	

Yogyakarta, 15 April 2011

Disahkan

Ir.H. A Kadir Aboe

Dikerjakan oleh

Jaka Setya Andika



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

Jln. Kaliurang Km 14.4 Tlp (0274)895707,895042 fax:(0274)895330 Yogyakarta 55584

HASIL UJI BETON

Penguji : Jaka Setya Andika

Pengujian kuat geser balok umur 7 hari

Benda Uji	No	Dimensi Benda uji			Berat (Kg)	P maks (Kg)	Keterangan	Tumpuan _(cm)	Luas Tampang Benda Uji (mm ²)	Kuat Tekan 7 Hari (Mpa)	Kuat Tekan Rerata 7 hari (Mpa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)							
BN kubus	1	30,20	6,10	25,20	10,80	5410	GESER	15	18422,00	29,37	25,08
	2	30,23	6,19	25,30	11,10	5560	GESER	15	18712,37	29,71	
	3	30,28	6,01	25,40	10,20	2940	GESER	15	18198,28	16,16	
B5% kubus	1	30,00	6,10	25,30	10,60	4380	GESER	15	18300,00	23,93	25,45
	2	30,10	6,10	24,92	10,60	4440	GESER	15	18361,00	24,18	
	3	30,10	6,07	25,00	10,50	5160	GESER	15	18270,70	28,24	
B10% kubus	1	30,10	6,18	25,30	10,70	4080	GESER	15	18601,80	21,93	25,69
	2	30,00	6,08	25,10	10,50	5170	GESER	15	18240,00	28,34	
	3	30,40	6,30	25,32	10,90	5130	GESER	15	19152,00	26,79	
B15% kubus	1	30,11	6,11	25,42	10,50	4825	GESER	15	18397,21	26,23	22,61
	2	30,27	6,28	25,64	10,70	3320	GESER	15	19009,56	17,46	
	3	30,10	6,09	25,51	10,70	4425	LENTUR	15	18330,90	24,14	
B20% kubus	1	30,27	6,17	25,47	10,80	3550	GESER	15	18676,59	19,01	24,81
	2	30,28	6,21	25,41	10,80	5320	GESER	15	18803,88	28,29	
	3	30,29	6,18	25,47	10,70	5080	GESER	15	18719,22	27,14	

Kuat Geser Rerata V_{cT} (Mpa)	Kuat Geser Uji V_{cu} (Mpa)	Kuat Geser Rerata V_{cU} (Mpa)
0,83	1,47	1,25
	1,49	
	0,81	
0,84	1,20	1,27
	1,21	
	1,41	
0,84	1,10	1,28
	1,42	
	1,34	
0,79	1,31	1,13
	0,87	
	1,21	
0,83	0,95	1,24
	1,41	
	1,36	

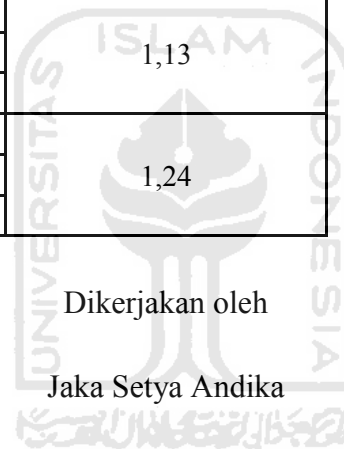
Yogyakarta, 19 April 2011

Disahkan

Ir.H. A Kadir Aboe

Dikerjakan oleh

Jaka Setya Andika





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

HASIL UJI BETON

Penguji : Jaka Setya Andika

Dibuat : 12 April 2011

Diuji : 26 April 2011

Pengujian kuat geser balok umur 14 hari

Benda Uji	No	Dimensi Benda uji			Berat (Kg)	P maks (Kg)	Keterangan	Tumpuan _(cm)	Luas Tampang Benda Uji (mm ²)	Kuat Tekan 14 Hari (Mpa)	Kuat Tekan Rerata 14 hari (Mpa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)							
BN kubus	1	30,21	6,11	25,29	10,70	5280,00	GESER	15,00	18458,31	28,61	28,95
	2	30,22	6,15	25,18	10,60	4830,00	GESER	15,00	18585,30	25,99	
	3	30,21	6,18	25,18	10,60	6025,00	GESER	15,00	18669,78	32,27	
B5% kubus	1	30,09	6,19	25,59	10,70	6900,00	GESER	15,00	18625,71	37,05	32,76
	2	30,01	6,19	25,16	10,40	5700,00	GESER	15,00	18576,19	30,68	
	3	30,05	6,21	24,99	10,60	5700,00	LENTUR	15,00	18661,05	30,54	
B10% kubus	1	30,55	6,29	25,29	10,50	5357,00	GESER	15,00	19215,95	27,88	28,11
	2	30,23	6,28	25,36	10,60	5075,00	GESER	15,00	18984,44	26,73	
	3	30,13	6,20	25,14	10,50	5550,00	LENTUR	15,00	18680,60	29,71	
B15% kubus	1	30,31	6,16	25,71	10,70	4600,00	LENTUR	15,00	18670,96	24,64	24,94
	2	30,27	6,16	25,51	10,90	4550,00	LENTUR	15,00	18646,32	24,40	
	3	30,21	6,23	25,75	10,80	4850,00	LENTUR	15,00	18820,83	25,77	
B20% kubus	1	30,14	6,32	25,53	10,80	5550,00	LENTUR	12,50	19048,48	29,14	27,53
	2	30,23	6,12	25,53	10,70	4875,00	LENTUR	12,50	18500,76	26,35	
	3	30,23	6,01	25,51	10,60	4925,00	LENTUR	12,50	18168,23	27,11	

Lanjutan tabel diatas

Kuat Geser Rerata V_{cT} (Mpa)	Kuat Geser Uji V_{cu} (Mpa)	Kuat Geser Rerata V_{cU} (Mpa)
0,90	1,43	1,45
	1,30	
	1,61	
0,95	1,85	1,64
	1,53	
	1,53	
0,88	1,39	1,41
	1,34	
	1,49	
0,83	1,23	1,25
	1,22	
	1,29	
0,87	1,46	1,38
	1,32	
	1,36	

Yogyakarta, 26 April 2011

Disahkan

Ir.H. A Kadir Aboe

Dikerjakan oleh

Jaka Setya Andika



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

HASIL UJI BETON

Penguji : Jaka Setya Andika

Dibuat : 12 April 2011

Diuji : 3 Mei 2011

Pengujian kuat geser umur 21 hari

Benda Uji	No	Dimensi Benda uji			Berat (Kg)	P maks (Kg)	Keterangan	Tumpuan _(cm)	Luas Tampang Benda Uji (mm ²)	Kuat Tekan 21 Hari (Mpa)	Kuat Tekan Rerata 21 hari (Mpa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)							
BN kubus	1	30,12	6,08	25,13	10,40	5780	GESER	10	18312,96	31,56	31,33
	2	30,21	6,11	25,31	10,60	5950	GESER	10	18458,31	32,23	
	3	30,31	6,39	25,34	10,60	5850	GESER	10	19368,09	30,20	
B5% kubus	1	30,10	6,21	25,29	10,60	5550	GESER	10	18692,10	29,69	29,11
	2	30,02	6,22	25,19	10,40	5900	GESER	10	18672,44	31,60	
	3	30,18	6,17	25,32	10,50	4850	GESER	10	18621,06	26,05	
B10% kubus	1	30,29	6,34	25,24	10,70	5750	GESER	10	19203,86	29,94	28,00
	2	30,33	6,12	25,39	10,70	4600	GESER	10	18561,96	24,78	
	3	30,38	6,13	25,61	10,80	5450	GESER	10	18622,94	29,26	
B15% kubus	1	30,11	6,08	25,74	10,70	5560	GESER	10	18306,88	30,37	29,95
	2	30,17	6,16	25,69	10,80	5620	GESER	10	18584,72	30,24	
	3	30,18	6,15	25,52	10,80	5425	GESER	10	18560,70	29,23	
B20% kubus	1	30,27	6,19	25,51	10,80	4850	GESER	10	18737,13	25,88	27,25
	2	30,21	6,13	25,55	10,70	5125	GESER	10	18518,73	27,67	
	3	30,29	6,21	25,54	10,90	5300	GESER	10	18810,09	28,18	

Lanjutan tabel diatas

Kuat Geser Rerata V_{cT} (Mpa)	Kuat Geser Uji V_{cu} (Mpa)	Kuat Geser Rerata V_{cU} (Mpa)
0,93	1,58	1,57
	1,61	
	1,51	
0,90	1,48	1,46
	1,58	
	1,30	
0,88	1,50	1,40
	1,24	
	1,46	
0,91	1,52	1,50
	1,51	
	1,46	
0,87	1,29	1,36
	1,38	
	1,41	

Yogyakarta, 3 Mei 2011

Disahkan

Dikerjakan oleh

Ir.H. A Kadir Aboe

Jaka Setya Andika



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

HASIL UJI BETON

Penguji : Jaka Setya Andika

Dibuat : 12 April 2011

Diuji : 10 Mei 2011

Pengujian kuat geser umur 28 hari

Benda Uji	No	Dimensi Benda uji			Berat (Kg)	P maks (Kg)	Keterangan	Tumpuan _(cm)	Luas Tampang Benda Uji (mm ²)	Kuat Tekan 28 Hari (Mpa)	Kuat Tekan Rerata 28 hari (Mpa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)							
BN kubus	1	30,21	6,17	25,21	10,80	6250	GESER	10	18639,57	33,53	32,83
	2	30,24	6,11	25,21	10,80	6050	GESER	10	18476,64	32,74	
	3	30,21	6,19	25,00	10,50	6025	GESER	10	18699,99	32,22	
B5% kubus	1	30,25	6,05	25,30	10,40	5500	GESER	10	18301,25	30,05	29,13
	2	30,11	6,25	25,37	10,40	5800	GESER	10	18818,75	30,82	
	3	29,99	6,10	25,97	10,60	4850	GESER	10	18293,90	26,51	
B10% kubus	1	30,22	6,13	25,15	10,80	5625	GESER	10	18524,86	30,36	29,73
	2	30,31	6,19	25,29	10,90	5475	GESER	10	18761,89	29,18	
	3	30,41	6,38	25,51	10,20	5750	GESER	10	19401,58	29,64	
B15% kubus	1	30,14	6,15	25,51	10,90	5375	GESER	10	18536,10	29,00	27,34
	2	30,15	6,12	25,41	10,80	4900	GESER	10	18451,80	26,56	
	3	30,22	6,25	25,68	10,90	5000	GESER	10	18887,50	26,47	
B20% kubus	1	30,21	6,19	25,51	10,80	5775	GESER	10	18699,99	30,88	29,52
	2	30,21	6,11	25,51	10,80	4950	GESER	10	18458,31	26,82	
	3	30,23	6,11	25,48	10,70	5700	GESER	10	18470,53	30,86	

Lanjutan tabel diatas

Kuat Geser Rerata V_{cT} (Mpa)	Kuat Geser Uji V_{cu} (Mpa)	Kuat Geser Rerata V_{cU} (Mpa)
0,95	1,68	1,64
	1,64	
	1,61	
0,90	1,50	1,46
	1,54	
	1,33	
0,91	1,52	1,49
	1,46	
	1,48	
0,87	1,45	1,37
	1,33	
	1,32	
0,91	1,54	1,48
	1,34	
	1,54	

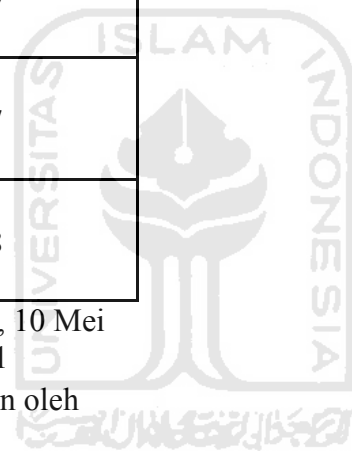
Yogyakarta, 10 Mei
2011

Disahkan

Dikerjakan oleh

Ir.H. A Kadir Aboe

Jaka Setya Andika





Gambar Hasil Uji Kuat Tekan umur 3 hari



Gambar Hasil Uji Kuat Tekan umur 28 hari



Gambar Hasil Uji Tegangan dan Regangan 28 hari





Gambar Hasil Pengujian Kuat Geser BN Umur 3 hari



Gambar Hasil Pengujian Kuat Geser B5% Umur 3 hari



Gambar Hasil Pengujian Kuat Geser B10% Umur 3 hari



Gambar Hasil Pengujian Kuat Geser B15% Umur 3 hari



Gambar Hasil Pengujian Kuat Geser B20% Umur 3 hari



