

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI GRADASI BREKSI BATUAPUNG
HIJAU TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK
BETON RINGAN**



Disusun oleh :

ERI SUTIRTO

No. Mhs : 91 310 180

NIRM : 910051013114120175

IRVAN SETIADI

No. Mhs : 91 310 182

NIRM : 91005101311410177

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI GRADASI BREKSI BATUAPUNG
HIJAU TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK
BETON RINGAN**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil**

Disusun oleh :

Nama : Eri Sutirto
No. Mhs : 91 310 180
Nirm : 910051013114120175
Nama : Irvan Setiadi
No. Mhs : 91 310 182
Nirm : 910051013114120177

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI GRADASI BREKSI BATUAPUNG
HIJAU TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK
BETON RINGAN

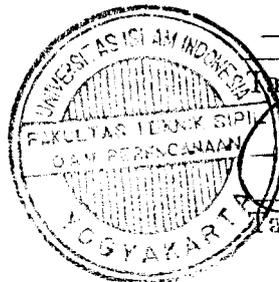
Disusun oleh :

Nama : Eri Sutirto
No. Mhs : 91 313 180
Nirm : 910051013114120175
Nama : Irvan Setiadi
No. Mhs : 91 310 182
Nirm : 910051013114120177

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

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

Ir. Suharyatmo, MT
Dosen Pembimbing II



Tanggal : 29-4-99

Tanggal : 29-4-99

MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.

(Q.S. Alam Nasyrah : 6-8)

Dan bahwasannya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya (dikerjakannya). Dan bahwasannya usahanya itu kelak akan diperlihatkan (kepada-Nya). Kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna.

(Q.S. An Najm : 39-41)

Kupersembahkan kepada :

- Ibunda dan ayahanda tercinta

- Kakak dan adik tersayang

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir dalam bentuk penelitian ini.

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

Dalam penelitian yang kami sajikan dalam tugas akhir ini, kami banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini kami sampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

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

4. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSCE, PhD, selaku pembimbing pertama yang telah memberikan kesempatan dan pikiran kepada kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Suharyatno, MT, selaku pembimbing ke-dua yang telah dengan ikhlas memberikan pengarahan, pemikiran dan kesempatan hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
6. Ibu Ir. Tri Martini, selaku Kepala Dinas Pertambangan Propinsi DIY beserta stafnya, yang telah memberikan informasi mengenai material yang kami gunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini.
7. Bapak Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia beserta stafnya, yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian.
8. Bapak Kepala Laboratorim Jalan Raya, Universitas Islam Indonesia beserta stafnya, yang telah membantu dalam hal pengujian material selama pelaksanaan penelitian.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik materiil maupun spirituil dalam penelitian yang kami sajikan dalam Tugas Akhir.

Harapan kami, semoga bantuan tersebut diberikan seikhlas-ikhlasnya, sehingga menjadi amal baik dan mendapatkan imbalan dari Allah SWT. Amien.

Selanjutnya kami menyadari atas adanya banyak kekurangan dalam penelitian yang kami sajikan dalam Tugas Akhir ini, karenanya kami sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk menuju kesempurnaan.

Akhirnya kami berharap, semoga penelitian yang kami sajikan dalam Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat bagi diri kami dan dunia perteknik sipilan khususnya dan bagi agama serta nusa dan bangsa pada umumnya.

Yogyakarta, April 1999

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metode Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Beton	6
2.1.1 Semen	7

2.1.2 Agregat	10
2.1.3 Air	12
2.2 Breksi Batuapung Hijau	14
2.2.1 Breksi Batuapung Hijau Kenampakan Lapangan	15
2.2.2 Komposisi Kimia	16
2.2.3 Sifat Fisik	16
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Umum	17
3.2 Kuat Tekan Beton	19
3.3 Kuat Tarik Beton	24
3.4 Modulus Elastisitas Beton	25
3.5 Gradasi Agregat	28
3.5.1 Modulus Halus Butir	31
BAB IV HIPOTESIS	32
BAB V METODE PENELITIAN	
5.1 Umum	34
5.2 Pengumpulan Data	34
5.3 Analisis Data	34
5.4 Bahan dan Peralatan	35
5.4.1 Bahan	35
5.4.2 Peralatan	35

5.5 Benda Uji yang digunakan	35
5.6 Metode Perancangan Adukan Beton	36
5.7 Metode Perawatan Benda Uji	39
BAB VI PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN	
6.1 Umum	40
6.2 Persiapan Bahan	40
6.3 Persiapan Alat	45
6.3.1 Alat Uji Desak	45
6.3.2 Alat Uji Tarik	45
6.3.3 Alat Uji Modulus Elastisitas	45
6.4 Penentuan Proporsi Campuran dan Pembuatan Benda Uji	45
6.5 Proses Pengujian Benda Uji	50
6.6 Hasil Penelitian	51
BAB VII ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
7.1 Umum	54
7.2 Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan Beton.....	54
7.3 Rngkasan Hasil Pengujian	58
7.3.1 Kuat tekan Beton	58
7.3.2 Kuat Tarik Beton.....	60
7.3.3 Modulus Elastisitas Beton	61
7.4 Pembahasan	65

7.4.1 Pengendalian Mutu Pekerjaan	65
7.4.2 Berat Volume Beton	66
7.4.3 Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton	66
7.4.4 Modulus Elastisitas Beton	69
7.4.5 Pelaksanaan Pekerjaan	70
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN	
8.1 Kesimpulan	72
8.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis-jenis Semen Portland	9
Tabel 3.1 Perbandingan Kuat Desak Beton Pada Berbagai Umur Untuk Benda Uji Silinder yang Dirawat Di Laboratorium	20
Tabel 3.2 Nilai Deviasi Standar untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	23
Tabel 3.3 Persyaratan Gradasi Agregat Berbobot Ringan untuk Beton Struktural menurut ASTM C-330	29
Tabel 5.1 Daftar Kebutuhan Bahan Campuran Beton pada Beberapa fas	38
Tabel 6.1 Gradasi Pasir Alam Asal Kali Boyong	41
Tabel 6.2 Gradasi Agregat Breksi Batuapung Hijau	43
Tabel 6.3 Perbandingan Berat Bahan Penyusun Beton	46
Tabel 6.4 Perbandingan Volume bahan Penyusun Beton	46
Tabel 6.5 Volume Bahan Penyusun Beton yang Dibutuhkan	47
Tabel 6.6 Bahan Penyusun Beton yang Dibutuhkan dalam Satuan Berat	47
Tabel 6.7 Penambahan Bahan Penyusun Beton dalam Satuan Berat	48
Tabel 6.8 Daftar Kebutuhan Total Bahan penyusun Beton yang Digunakan	49
Tabel 6.9 Daftar Perbandingan Bahan Penyusun Beton yang Digunakan	49
Tabel 6.10 Pengujian Kuat Tekan Beton pada Variasi I	51

Tabel 6.11 Pengujian Kuat Tarik Beton pada Variasi I	52
Tabel 6.12 Pengujian Kuat Tekan Beton pada variasi II	52
Tabel 6.13 Pengujian Kuat Tarik Beton pada Variasi II	52
Tabel 6.14 Pengujian Kuat Tekan beton pada Variasi III	53
Tabel 6.15 Pengujian Kuat Tarik Beton pada Variasi III	53
Tabel 7.1 Perhitungan Kekuatan Beton pada variasi I	55
Tabel 7.2 Perhitungan Kekuatan Beton pada variasi II	56
Tabel 7.3 Perhitungan Kekuatan Beton pada variasi III	57
Tabel 7.4 Kuat Tekan Rata-Rata Beton	58
Tabel 7.5 Kuat Tekan Rata-Rata Beton pada Umur 28 Hari	59
Tabel 7.6 Kuat Tarik Rata-Rata Beton	60
Tabel 7.7 Tegangan dan Regangan Beton pada Pengujian Kuat Tekan 28 hari dengan 3 (tiga) Macam Variasi Gradasi Agregat Kasar	61
Tabel 7.8 Kuat Tekan dan Kuat Tarik Rata-Rata Beton Umur 28 Hari dengan 3 (tiga) Macam Variasi Gradasi Agregat Kasar	66
Tabel 7.9 Modulus Elastisitas pada Pengujian Kuat Tekan 28 Hari	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Perkiraan Berat Jenis dan Penggolongan Agregat Beton Ringan (ASTM-621)	19
Gambar 3.2	Perbandingan Kuat Desak Beton pada Berbagai Umur untuk Benda Uji yang Dirawat Di Laboratorium	21
Gambar 3.3	Hubungan fas dan Kuat Tekan silinder Beton	22
Gambar 3.4	Uji Tarik pada Pembelahan Silinder	25
Gambar 3.5	Hubungan Non-linier antara Tegangan dan Regangan	26
Gambar 3.6	Hubungan Linier antara Tegangan dan Regangan pada Nilai Tegangan yang Rendah	26
Gambar 3.7	Batas - Batas Gradasi Agregat Kasar Menurut ASTM Standar C33-71a	30
Gambar 6.1	Grafik Gradasi Pasir Alam Asal Kali Boyong	42
Gambar 6.2	Grafik Gradasi Breksi Batuapung Hijau	43
Gambar 7.1	Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Beton	59
Gambar 7.2	Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Beton pada Umur 28 Hari	60
Gambar 7.3	Grafik Kuat Tarik Rata-Rata Beton	61
Gambar 7.4	Kurva Tegangan dan Regangan Beton pada Variasi I	62
Gambar 7.5	Kurva Tegangan dan Regangan Beton pada Variasi II	63

Gambar 7.6 Kurva Tegangan dan Regangan Beton pada Variasi III	64
Gambar 7.7 Grafik Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi Test)	L-1
Lampiran 2	Hasil Kuat Desak Silinder Beton	L-2
Lampiran 3	Hasil Kuat Tarik Silinder Beton	L-3
Lampiran 4	Hasil Modulus Elastisitas Desak Silinder Beton	L-4
Lampiran 5	Bagan Alir Produksi Breksi Batuapung Hijau	L-5
Lampiran 6	Bagan Alir Proses Pengolahan Limbah Breksi Batuapung Hijau Menjadi Agregat Kasar Beton	L-6
Lampiran 7	Foto Penelitian	L-7

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air, dan agregat (kadang-kadang dengan bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non kimia) pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut bila mana dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan itu terjadi oleh peristiwa reaksi kimia antara air dan semen, dan hal ini berjalan selama waktu yang panjang, dan akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya. Nilai kekuatan serta daya tahan ("durability") beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur dan kondisi perawatan pengerasan (Dipohusodo, 1994).

Luasnya pemakaian beton disebabkan karena terbuat dari bahan-bahan yang umumnya mudah diperoleh, serta mudah diolah sehingga menjadikan beton mempunyai sifat yang dituntut sesuai dengan keadaan situasi pemakaian tertentu. Kemajuan pengetahuan tentang teknologi beton telah dapat memenuhi tuntutan tertentu, misalnya pemakaian bahan lokal yang dapat diperoleh di suatu daerah tertentu dengan mengubah

perbandingan bahan dasar yang sesuai, maupun cara pengerjaan yang cocok dengan kemampuan pekerja serta kebutuhan penampilan yang sesuai.

2.1.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Meskipun definisi diterapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton adalah bahan jadi yang mengeras dengan adanya air dan dinamakan semen hidrolis. Hidrolis yang dimaksud di sini yaitu bila semen dicampur air akan terjadi reaksi kimia (hidrasi) yang menyebabkan campuran menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu.

Adapun fungsi semen untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Semen mengisi kira-kira 10 % dari volume beton (Tjokrodimulyo, 1992).

Semen adalah suatu hasil produksi yang dibuat di pabrik semen. Pabrik-pabrik semen memproduksi bermacam-macam jenis semen dengan sifat dan karakteristik yang berlainan. Menurut Sagel, Kole, Kusuma (1993), semen dibedakan dalam dua kelompok utama yaitu :

1. Semen dari bahan klinker-semen-Portland
 - a. semen Portland,
 - b. semen Portland abu terbang,

- c. semen Portland berkadar besi,
 - d. semen tanur-tinggi ('Hoogovenement'),
 - e. semen Portland tras/puzzolan, dan
 - f. semen Portland putih.
2. Semen-semen lain
- a. alumunium semen, dan
 - b. semen bersulfat.

Perbedaan di atas berdasarkan karakter dari reaksi pengerasan kimiawi. Semen-semen dari kelompok-1 yang satu dan yang lain tidak saling bereaksi (membentuk persenyawaan lain), semen kelompok-2 bila saling dicampur atau bercampur dengan kelompok-1 akan membentuk persenyawaan yang baru. Ini berarti semen dari kelompok-2 tidak boleh dicampur. Semen Portland dan semen Portland abu-terbang adalah semen yang umum dipakai di Indonesia.

Menurut PUBI (1982), semen Portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan.

Dari definisi semen portland (PC), menurut Tjokrodimulyo (1992), dapat dilihat bahwa semen portland dibuat dari Cacareous seperti batu kapur (limestone atau chalk) dan bahan silika atau alumunium yang terdapat pada tanah liat (clay atau shale). Batu kapur mengandung komponen CaO , lempung mengandung komponen SiO_2 dan Al_2O_3 (oksida alumina), FeO_3 (oksida besi). Secara mudahnya, kandungan semen portland ialah : kapur, silika dan alumina. Ketiga bahan dasar tadi dicampur dan

dibakar dengan suhu 1550 °C dan menjadi klinker. Kemudian setelah didinginkan dan dihaluskan biasanya lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat (CaSO_4) kira-kira 2 sampai 4 persen sebagai bahan pengontrol waktu ikatan.

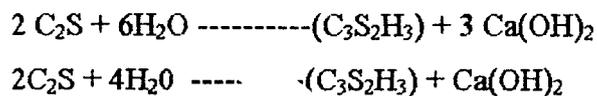
Nama “portland cement” diusulkan oleh Joseph Aspin pada tahun 1824. Nama itu diusulkan karena berbentuk bubuk yang dicampur dengan air, pasir dan batu-batuan yang ada di pulau Portland, Inggris. Pertama kali semen Portland di produksi (dengan pabrik) di Amerika oleh David Saylor di kota Coplay, Pennsylvania, pada tahun 1875.

Beton yang dibuat dengan semen portland umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup agar acuan dapat dibongkar dan beban mati serta konstruksi dapat dipikul. Kekuatan rencana dari beton yang demikian tercapai dalam waktu sekitar 28 hari. Semen Portland biasa ini diidentifikasi oleh ASTM C150 (8) sebagai tipe I. Tipe-tipe lain dari semen portland berikut penggunaannya dicantumkan dalam tabel 2.1 (Wang dan Salmon, 1993).

Tabel 2.1 Jenis-jenis Semen Portland

Jenis	Penggunaan
I	Konstruksi biasa dimana sifat yang khusus tidak diperlukan
II	Konstruksi biasa dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfat atau panas dari hidrasi
III	Jika permulaan kekuatan yang tinggi diinginkan
IV	Jika panas yang rendah dari hidrasi diinginkan
V	Jika daya tahan yang tinggi terhadap sulfat diinginkan

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung dari jumlah air yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. Proses hidrasi pada semen portland berlangsung sangat kompleks, tidak semua reaksi dapat diketahui secara rinci. Rumus proses kimia (perkiraan) untuk reaksi hidrasi dari unsur C_2S dan C_3S dapat ditulis sebagai berikut :



Hasil utama dari proses di atas ialah $C_3S_2H_3$ yang biasa disebut “tubermorite”, yang berbentuk gel. Panas juga keluar selama proses berlangsung (panas hidrasi). Beberapa butir yang bersifat seperti kristal juga tampak dalam “tubermorite”. Bila masih dimungkinkan, penambahan air masih diperlukan oleh bagian dalam butir-butir semen, terutama yang berbutir besar untuk menyempurnakan proses hidrasi yang berlangsung sangat lambat sampai 50 tahun. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25 persen dari berat semennya, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras (Tjokrodimulyo,1992).

2.1.2 Agregat

Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen. Dalam struktur beton biasa agregat menempati kurang lebih 70 - 75% dari volume massa yang telah mengeras. Untuk mencapai kuat beton baik perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan “durability-nya”(daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca). Untuk membentuk massa padat diperlukan susunan gradasi butiran agregat yang baik. Disamping bahan agregat mempunyai cukup

kekerasan, sifat kekal, tidak bersifat reaktif terhadap alkali dan tidak mengandung bagian-bagian kecil (<70 micron) atau lumpur. Nilai kuat beton yang dicapai sangat ditentukan oleh mutu bahan agregat ini (Dipohusodo, 1994).

Agregat pada umumnya diklasifikasikan sebagai agregat halus dan agregat kasar (Nilson dan Winter, 1993).

Menurut Tjokrodimulyo (1992), cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan ialah yang didasarkan pada ukuran butir-butirnya. Sebagai batas antara ukuran butir yang kasar dan yang halus tampaknya belum ada nilai yang pasti, masih berbeda antara satu disiplin ilmu yang satu dengan disiplin ilmu yang lain, dan mungkin juga dari satu daerah dengan daerah yang lain. Dalam bidang teknologi beton nilai batas tersebut umumnya ialah 4,75 mm atau 4,80 mm. Agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar, dan yang butirnya lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus. Secara umum, agregat kasar sering disebut kerikil, kericak, batu pecah atau split, adapun agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 1,20 mm kadang-kadang disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut "silt", dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut "clay".

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alam dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 5.0 mm (Kusuma dan Vis, 1993).

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu dan mempunyai ukuran 5-40 mm (Kusuma dan Vis, 1993).

Menurut Gunawan A, Yakob (1987), sifat-sifat agregat yang mempunyai pengaruh yang menentukan pada perilaku beton adalah kekuatannya, perubahan bentuknya, keawetannya, kekerasannya, keregangannya, stabilitas volume porositas (kandungan airnya), berat jenis dan daya reaksi kimia.

Menurut Tjokrodimulyo (1992), kekuatan dan sifat lain dari agregat dapat sangat bervariasi dalam batas-batas yang besar. Butir-butir agregat dapat bersifat kurang kuat karena dua sebab, yaitu karena terdiri dari bahan yang lemah atau terdiri dari partikel-partikel yang kuat tetapi tidak terikat dengan kuat, jadi bahan ikatnya yang kurang kuat. Kekerasan dari butir-butir tergantung dari bahannya, jadi tidak dipengaruhi oleh kekuatan lekatannya antara butir satu terhadap yang lain.

Sifat elastisitas agregat, yaitu sifat yang dalam pengujian beban uniaksial disebut sebagai modulus elastisitas, sama seperti bahan getas yang lain. Agregat yang lebih kuat umumnya mempunyai modulus elastisitas lebih tinggi (Tjokrodimulyo, 1992).

2.1.3 Air

Di dalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi, yaitu untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan serta sebagai pelumas campuran butir-butir kerikil, pasir, dan semen agar memudahkan pelaksanaan dan pencetakan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25 persen berat semen, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang

dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Selain itu, kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak kepermukaan adukan beton segar yang baru dituang (“bleeding”) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal dengan “laitance” (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah (Tjokrodimulyo, 1992).

Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat untuk bahan campuran beton, tetapi tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum.

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

Dalam pemakaian air untuk beton, menurut Tjokrodimulyo (1992), sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

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

Air untuk perawatan umumnya harus memenuhi syarat-syarat yang lebih tinggi dari air untuk pembuatan beton. Misalkan untuk perawatan selanjutnya keasaman tidak boleh pHnya > 6 , juga tidak boleh terlalu sedikit mengandung kapur (Sagel, Kole, Kusuma, 1993).

Untuk perawatan dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan hingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organis dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna terutama jika perawatan cukup lama.

2.2 Breksi Batuapung Hijau

Di suatu negara dengan geografi, geologi dan iklim yang panas dan basah seperti Indonesia, maka batu-batuannya akan mengalami pelapukan yang cukup dalam yang tergantung pada jenis batu-batuannya, iklimnya, derajat erosinya, exposure dan lain-lainnya. Pengaruh yang paling besar adalah iklim setempat, yang pada umumnya makin panas makin basah derajat iklimnya maka derajat pelapukannya semakin besar yang akan mengakibatkan dekomposisi dari batu-batuannya.

Indonesia dan daerah-daerah sekitarnya termasuk secara geologi muda dan pada dasarnya terdiri dari batu-batuan igneous vulkanis yang muda (seperti : basalt, dolomit, andesit, porhyries, tuffs, ashes) lebih dalam lagi dapat ditemukan granites dan batu-batuan sedimen di laut (sandstone, limestone dan marlstone), seringkali batu-batuan ini terbentuk pada lipatan dan patahan pada gugusan gunung atau pegunungan berapi (Sagel, Kole, Kusuma, 1993).

Bahan galian Breksi Batuapung Hijau merupakan anggota formasi kebo-Botak, sebagai produk “piroklastik” atau aktivitas gunung api berupa semburan ke udara, yang kemudian jatuh ke dalam suatu lingkungan pengendapan, selanjutnya bahan tersebut mengalami rombakan oleh aktifitas air dan terendap kembali pada lingkungan pengendapan yang lain. Karena aktifitas tektonik yang intensif berupa pengangkatan, bahan galian tersebut tersingkap seperti kondisi saat ini. Terbentuknya mineral berwarna hijau diduga sebagai proses “alterasi” oleh pengaruh “agitasi” air kali pada bahan tersebut (Dinas Pertambangan, 1996/1997).

Menurut Sadjji (1997), pada umumnya batuan vulkanik adalah keras dan padat, serta merupakan bahan agregat yang sangat baik dan biasa digunakan sebagai agregat ringan (“light weight agregat”), termasuk di dalamnya pumice, perlit dan batuapung.

Bahan galian Breksi Batuapung Hijau ini banyak dijumpai di dusun Mongkrong, Tlogo, Pucung, Bedoyo dan Gesing Desa Sampang, Dusun kayoman, Desa Serut. Pertimbangan digunakan sebagai agregat kasar pada beton adalah ringan, kuat, kedap air dan daya tahan panas tinggi (Dinas Pertambangan, 1997).

Selain bahan galian Breksi Batuapung Hijau, banyak dijumpai Breksi Batuapung lainnya diantaranya Breksi Batuapung Semilir dari kecamatan Piyungan yang sudah pernah diteliti sebagai pengganti agregat kasar pada beton ringan oleh Dewantono dan Bachri (1996).

2.2.1 Breksi Batuapung Hijau Kenampakan Lapangan

Breksi Batuapung Hijau di lapangan tampak menunjukkan warna segar abu-abu gelap dengan noktah-noktah hijau, warna lapuk coklat kehijauan, struktur fragmentasi,

tekstur klastik, agak keras, kompak. Matrik berupa material vulkanik berukuran pasir halus sampai pasir kasar, berwarna abu-abu kehitaman, kompak, agak keras. Fragmen berupa fragmen batuan batuan berwarna hijau abu-abu, meruncing keras kompak, berukuran sampai 30 mm.

2.2.2 Komposisi Kimia

Berdasarkan Laporan Akhir Penelitian Pemetaan Mineral dan Geologi Lingkungan C di Kecamatan Patuk, Dinas Pertambangan DIY (1996/1997), didapatkan komposisi kimia Breksi Batuapung Hijau : SiO_2 (64,74 %), Al_2O_3 (26,27 %), Fe_2O_3 (2,39 %), CaO (3,26 %), MgO (0,90 %), Na_2O (1,47 %), K_2O (0,95 %), MnO (0,02 %), H_2O (2,61 %).

2.2.3 Sifat Fisik

Dari analisis kuat tekan dan keausan dari contoh Breksi Batuapung Hijau yang diambil dari Dusun Mongkrong, Desa Sampang, didapatkan harga kuat tekan $136,64 \text{ kg/cm}^2$ dan harga ketahanan terhadap abrasi (keausan) $0,6726 \text{ mm/menit}$ dan berat jenis sekitar $1,677 \text{ gr/cm}^3$ (Dinas Pertambangan, 1997).

Analisis sifat fisik dari Breksi Batuapung Hijau ini merupakan yang terbaik untuk digunakan sebagai agregat kasar beton ringan bila dibandingkan dengan Breksi Batuapung lainnya, termasuk di dalamnya Breksi Batuapung Semilir yang pernah diteliti yang memiliki harga kuat tekan $106,04\text{-}107,23 \text{ kg/cm}^2$ dan berat jenis berkisar $1,080\text{-}1,546 \text{ gr/cm}^3$ (Dinas Pertambangan, 1997).

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Dalam bidang ilmu teknologi beton dikenal jenis beton ringan (“Light weight Concrete”). Beton ringan dapat dibuat dengan 3 (tiga) cara (Neville, 1975), yaitu :

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

Beton ringan mempunyai berat jenis di bawah 2 gr /cm^3 (beton biasa mempunyai berat jenis $2,4 \text{ gr /cm}^3$). Secara kasar beton ringan ini menurut berat jenisnya dapat dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok (Neville, 1975), yaitu :

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

Agregat untuk campuran beton dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya, yaitu agregat normal, agregat berat dan agregat ringan. Breksi Batuapung Hijau dengan berat jenis $1,677 \text{ gr/cm}^3$ maka termasuk dalam kategori agregat ringan.

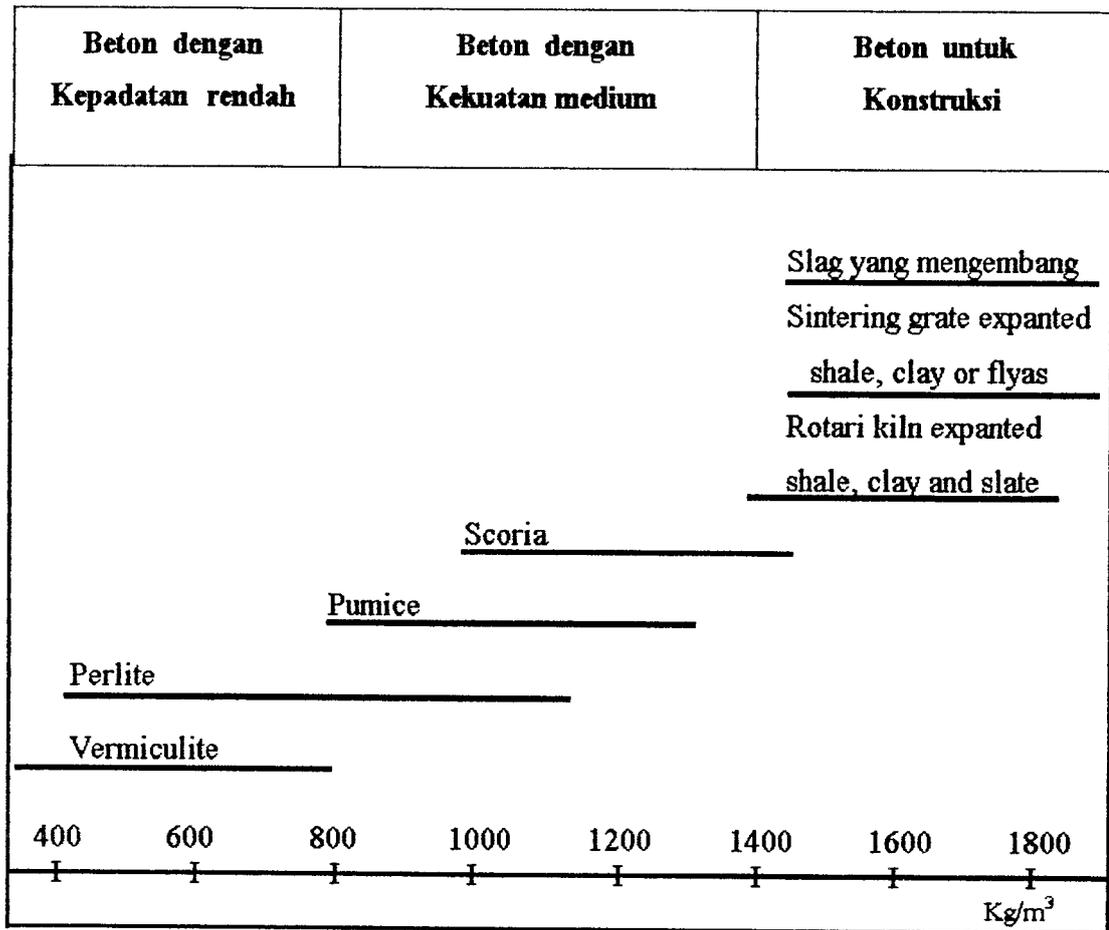
Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari $2,0 \text{ gr/cm}^3$ yang biasanya dibuat untuk non struktural, akan tetapi dapat pula untuk beton struktural bila kuat tekan yang dihasilkan lebih dari 170 kg/cm^2 pada umur 28 hari dengan berat jenis $1,4-1,8 \text{ gr/cm}^3$ dan beton ringan untuk bahan isolasi atau dinding penyekat mempunyai kuat tekan antara $7-70 \text{ kg/cm}^2$ dengan berat jenis kurang dari $0,8 \text{ gr/cm}^3$ (Neville, 1975).

Menurut Nilson dan George (1993), agregat ringan dibedakan dalam dua kelompok, yaitu agregat alam dan agregat buatan. Yang termasuk agregat alam diantaranya batuapung ("pumice"), "scoria", "vulkanic cinder", "perlite", "vermiculite". Sedangkan yang termasuk agregat buatan antara lain "LECA", "Aglite", "Fly Ash" dan "Foamed Slag".

Menurut Tjokrodimulyo (1992), beton dengan agregat ringan mempunyai kuat tarik rendah, modulus elastisitas rendah, serta rayapan dan susutan lebih tinggi.

Hal-hal yang penting dan mendasar pada penelitian beton ringan meliputi kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas dan gradasi agregat dengan teori dan formula yang biasa digunakan akan diuraikan dalam sub bab tersendiri setelah gambar 3.1 mengenai perkiraan berat jenis dan penggolongan agregat beton ringan.

Berat jenis beton ringan dalam pembuatannya dipengaruhi oleh berat jenis agregatnya. Berat jenis beton ringan yang dihasilkan dari berbagai jenis agregat ringan dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Perkiraan berat jenis dan penggolongan agregat beton ringan (ASTM -621).

3.2 Kuat Tekan Beton

Kuat beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Umumnya sifat beton lebih baik jika kuat tekannya lebih tinggi karena mutu beton biasanya hanya ditinjau pada kuat tekannya saja.

Menurut Tjokrodimulyo (1992), kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor selain oleh perbandingan air-semen dan tingkat pematatannya, faktor-faktor tersebut dapat disimak dalam uraian berikut ini.

1. Jenis semen dan kualitasnya.

Jenis semen dan kualitas sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.

2. Jenis dan bentuk bidang permukaan agregat.

Pada kenyataannya menunjukkan bahwa penggunaan agregat dengan permukaan kasar akan menghasilkan beton dengan kuat desak yang lebih besar daripada penggunaan agregat kasar dengan permukaan halus.

3. Efisiensi peralatan.

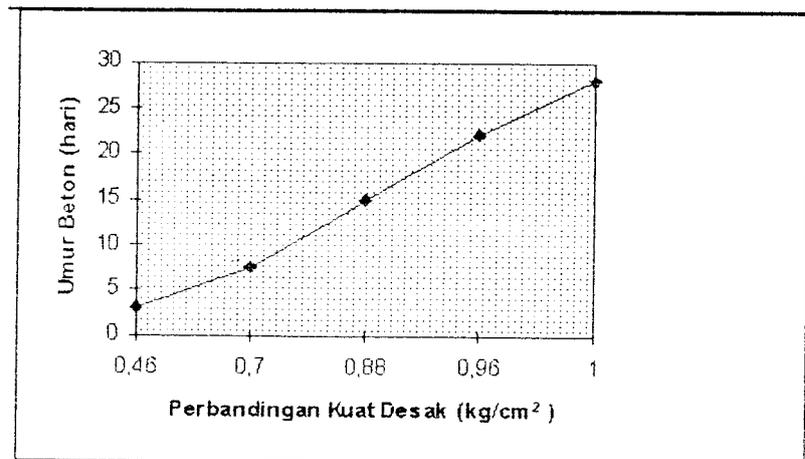
Kehilangan kekuatan sampai sekitar 40 % dapat terjadi bila pengeringan dilakukan sebelum waktunya.

4. Faktor umur.

Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah sesuai dengan umurnya. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun. Perbandingan kuat desak beton pada berbagai umur dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.2.

Tabel 3.1 Perbandingan kuat desak beton pada berbagai umur untuk benda uji silinder yang dirawat dilaboratorium (DPU,1989).

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28
Semen Portland type I	0,46	0,7	0,88	0,96	1,00



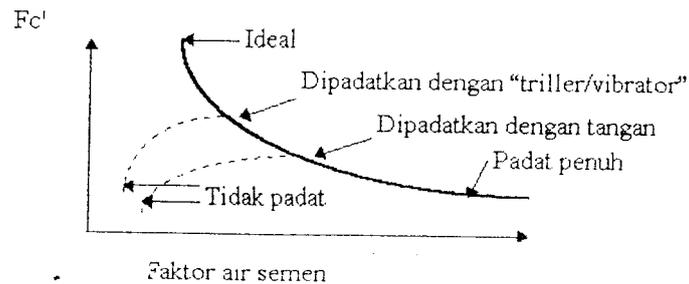
Gambar 3.2 Grafik perbandingan kuat desak beton pada berbagai umur untuk benda uji yang dirawat di Laboratorium.

Sesuai dengan bertambahnya umur beton, kecepatan bertambahnya kekuatan beton juga dipengaruhi oleh antara lain faktor air semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi fas semakin lambat kenaikan kekuatannya dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatannya (Tjokrodimulyo,1992).

5. Mutu agregat.

Pada kenyataannya kekuatan dan ketahanan aus (abrasi) agregat kasar, besar pengaruhnya terhadap kuat tekan beton.

Kekuatan tekan beton ditentukan dengan pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air terhadap semen, semakin tinggi kekuatan tekan beton. Hubungan antara fas dan kuat tekan silinder (f_c') dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut ini (Tjokrodimulyo,1992).



Gambar 3.3 Hubungan fas dan Kuat Tekan Silinder Beton

Kekuatan tekan beton yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu, dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan : $f'c$ = Kuat desak beton, kg/cm^2
 P = Beban maksimum, kg
 A = Luas penampang benda uji, cm^2

Beton dari hasil pengujian perlu diperiksa dengan perkiraan variasi kuat tekan beton dari keseluruhan sampel beton yang telah diuji. Perkiraan yang lebih baik standar deviasi untuk keseluruhan sampel benda uji dihitung dengan rumus berikut ini:

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

dengan : S = deviasi standar, kg/cm^2
 $f'c$ = kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji, kg/cm^2
 $f'cr$ = kuat tekan beton rata-rata, kg/cm^2
 n = jumlah benda uji

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pelaksanaan pencampuran beton. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Penetapan nilai deviasi standar didasarkan pada hasil pengalaman.

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

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

$$M = k \cdot sd \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

dengan : M = nilai tambah, kg/cm^2

$$k = 1,64$$

sd = deviasi standar, kg/cm^2

Untuk memberikan gambaran pengendalian mutu pekerjaan beton, pada tabel 3.2 berikut ini dapat dilihat pedoman yang biasa dipakai di Inggris (Tjokrodinuljo, 1992).

Tabel 3.2. Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	sd (kg/cm^2)
Memuaskan	28
Sangat baik	35
Baik	42
Cukup	56
Jelek	70
Tanpa kendali	84

Jika pelaksana tidak mempunyai pengalaman hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk hasil uji kurang dari 15 buah), maka untuk menentukan nilai karakteristik beton uji, nilai “margin” dapat langsung diambil sebesar 12 MPa (Tjokrodimulyo,1992).

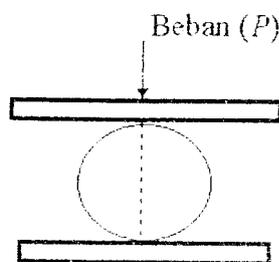
3.3 Kuat Tarik Beton

Nilai kuat tekan dan tarik beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Kuat tarik bahan beton yang tepat sulit diukur. Suatu nilai pendekatan yang umum dilakukan dengan menggunakan “modulus of rupture”, ialah tegangan tarik lentur beton yang timbul pada pengujian hancur balok beton polos (tanpa tulangan), sebagai pengukur kuat tarik sesuai teori elastisitas. Kuat tarik bahan beton juga ditentukan melalui pengujian “split cilinder” yang umumnya memberikan hasil yang lebih baik dan lebih mencerminkan kuat tarik yang sebenarnya (Dipohusodo, 1994).

Kekuatan beton di dalam tarik adalah suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak di dalam struktur. Kekuatan tarik beton relatif rendah. Pendekatan yang baik untuk menghitung kekuatan tarik beton f'_{ct} adalah dengan rumus $0,10 f'_c < f'_{ct} < 0,2 f'_c$ (Nawy, 1985).

Menurut ASTM C496, pada percobaan pembebanan silinder (“the split-cylinder”), dimana silinder yang ukurannya sama dengan benda uji dalam percobaan tekan diletakkan pada sisinya di atas mesin uji dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter sepanjang benda uji. Benda silinder akan terbelah dua

pada saat dicapainya kekuatan tarik. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai “split cylinder strength” dihitung dengan $2P / [\pi(\text{diameter})(\text{panjang})]$ berdasarkan teori elastisitas untuk bahan yang homogen dalam pengaruh keadaan tegangan biaksial.



Gambar 3.4 Uji Tarik pada Pembelahan Silinder

Metode pembelahan silinder ini biasa disebut tes Brasil.

Kekuatan tarik f_{ct} dari percobaan pembelahan silinder telah ditemukan sebanding dengan $\sqrt{f_c'}$ sedemikian sehingga diperoleh (Wang dan Salmon, 1993) :

$f_{ct} = 0,5 \sqrt{f_c'}$ sampai $0,6 \sqrt{f_c'}$ untuk beton berbobot biasa,

$f_{ct} = 0,4 \sqrt{f_c'}$ sampai $0,5 \sqrt{f_c'}$ untuk beton berbobot ringan,

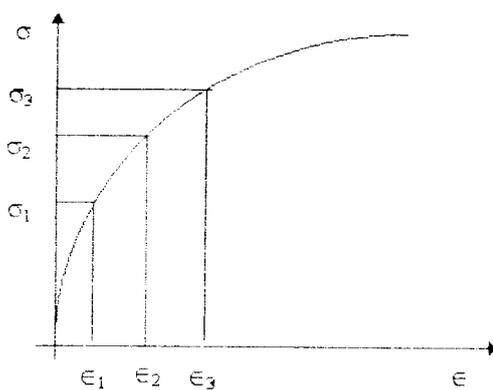
dengan f_c' dan f_{ct} dalam Mpa

Kekuatan tarik adalah suatu sifat yang lebih bervariasi dibanding dengan kekuatan tekan dan besarnya untuk beton normal berkisar antara 9 sampai 15 % dari kekuatan tekan (Dipohusodo, 1994).

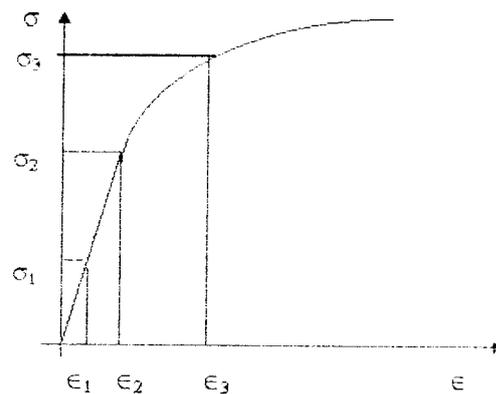
3.4 Modulus Elastisitas

Menurut Vis dan Kusuma (1995), modulus elastisitas atau modulus Young adalah sebuah konstante bahan yang mempunyai nilai tertentu untuk suatu bahan tertentu.

Tiap bahan mempunyai modulus elastisitas E tersendiri yang memberi gambaran mengenai perilaku bahan itu bila mengalami beban tarik atau beban tekan. Bila nilai E semakin kecil, akan semakin mudah bagi bahan untuk mengalami perpanjangan atau pemendekan. Grafik hubungan non-linier dan linier tegangan dan regangan ditunjukkan oleh gambar 3.5 dan 3.6.



Gambar 3.5 Hubungan non-linier antara tegangan dan regangan



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

σ tidak selalu berbanding lurus dengan ϵ . Pada contoh yang diberikan pada gambar 3.5, titik-titik yang dipetakan berturut-turut tidak terletak pada satu garis lurus, sehingga tidak terdapat kesebandingan antara tegangan dan regangan. Bahan yang memiliki tegangan dan regangan seperti ini disebut 'elastis non-linier'. Bahan ini jelas tidak mengikuti hukum Hooke sehingga hubungan $\sigma = E \cdot \epsilon$ tidak berlaku. Bahan ini tidak mempunyai modulus elastisitas konstan. Ini berarti bahwa hitungan perencanaan untuk bahan demikian harus menggunakan rumus yang berbeda dengan bahan-bahan elastisitas linier. Gambar 3.6 menunjukkan suatu kesebandingan antara tegangan dan

regangan untuk nilai tegangan yang rendah (di bawah σ_2 pada diagram), tetapi pada tegangan yang tinggi bahan mempunyai kelakuan non-linier. Bahan jenis ini juga mempunyai modulus elastisitas yang tidak konstan (setidak-tidaknya di atas σ_2). Ketidak linear-an diakibatkan oleh formasi retak-retak yang menurunkan kekakuan (Ferguson, 1986).

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

Biasanya modulus sekan pada 25 sampai 50 % dari kekuatan tekan f'_c diambil sebagai modulus elastisitas. Untuk selama bertahun-tahun modulus elastisitas didekati dengan harga $1000 f'_c$ oleh Peraturan ACI, akan tetapi dengan penggunaan dari beton ringan yang maju pesat, maka variabel kerapatan ("density") perlu diikutkan. Sebagai suatu hasil dari analisa statistik atas data-data yang tersedia, maka rumus empiris yang diberikan oleh ACI-8.5.1

$$E_c = 0,043 w_c^{1,5} \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan : E_c = modulus elastis beton tekan (Mpa)
 w_c = berat isi beton (kg/m^3)
 f'_c = kuat tekan beton (Mpa)

Persamaan (3.4) dapat dipandang sebagai modulus sekan untuk suatu tegangan tekan pada tingkatan beban kerja dan hanya berlaku untuk beton dengan berat isi berkisar antara 1500 dan $2500 \text{ kg}/\text{m}^3$. Untuk beton kepadatan normal dengan berat isi $\pm 25 \text{ kN}/\text{m}^3$ dapat digunakan nilai $E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$.

Persamaan-persamaan di atas merupakan rumus empiris praktis yang tidak selalu bisa digunakan karena modulus elastisitas selain dipengaruhi oleh beban, dipengaruhi juga oleh faktor-faktor lain seperti kelembaban benda uji beton, fas, umur beton dan temperatur (Nawy, 1985).

3.5 Gradasi Agregat

Seperti yang telah disebutkan dalam tinjauan pustaka, pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat yang berbutir kasar.

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

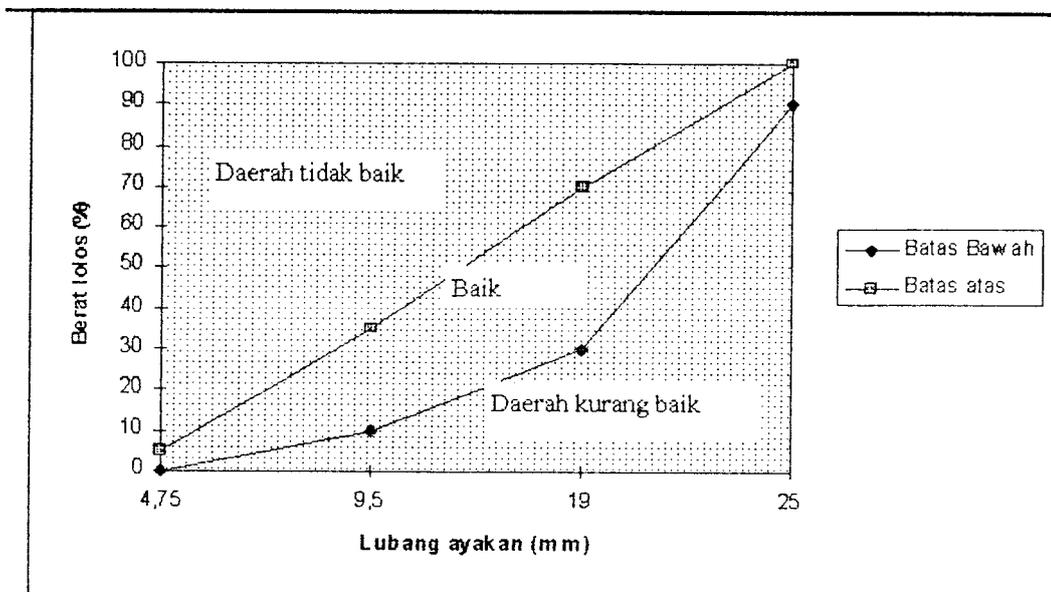
Persyaratan gradasi agregat berbobot ringan untuk beton struktural menurut ASTM C-330 ditunjukkan dalam tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Persyaratan gradasi agregat berbobot ringan untuk beton struktural menurut ASTM C-330.

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

Agregat ringan dalam campuran beton akan menyerap air yang relatif lebih banyak dibanding dengan agregat beton biasa dan penyerapan itu berlangsung sangat cepat. Pertimbangan ini merupakan suatu landasan yang penting dalam perbandingan campuran beton ringan. Oleh karena itu langkah yang tepat untuk membuat ssd agregat ringan terlebih dahulu sebelum dilaksanakan pencampuran bahan-bahan.

Batas-batas gradasi agregat kasar menurut ASTM standar C33-71a, diperlihatkan dalam grafik berikut ini (Neville, 1975).



Gambar 3.7 Grafik Batas-Batas Gradasi Agregat Kasar Menurut ASTM Standard C33-71a

Menurut Sadjji (1997), gradasi agregat dapat mempengaruhi hal-hal sebagai berikut :

1. Jumlah pemakaian air,
2. Naiknya air kepermukaan beton yang baru dicor (“bleding”),
3. Pengecoran beton,
4. Pematatan beton,
5. Penyelesaian beton, dan
6. Sifat-sifat beton yang sudah mengeras.

Gradasi yang baik akan dapat menghasilkan “density” maksimum dan minimum “voids” (porositas) dan minimum luas permukaan agregat. Dalam pelaksanaan ketidakseragaman gradasi ini akan mengakibatkan variasi yang cukup besar.

3.5.1 Modulus Halus Butir

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

Makin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8. Adapun mhb kerikil biasanya antara 5 sampai 8.

BAB IV

HIPOTESIS

Sifat-sifat beton sangat tergantung pada bahan penyusunnya, yaitu antara lain : semen, air, agregat halus, agregat kasar dan bahan “additive” bila diperlukan. Agregat kasar sebagai bahan campuran beton mempunyai prosentase jumlah yang paling dominan dibanding dengan bahan campuran beton yang lain. Padatnya massa beton dipengaruhi oleh susunan gradasi butiran yang baik dan berat volume beton sangat dipengaruhi oleh berat jenis agregat kasarnya. Breksi Batuapung Hijau mempunyai berat jenis $1,6771 \text{ gr/cm}^3$ dalam keadaan SSD. Berat jenis Breksi Batuapung Hijau lebih ringan dibanding berat jenis kerikil yaitu sampai dengan $2,5 \text{ gr/cm}^3$ dalam keadaan SSD. Melihat berat jenis Breksi Batuapung Hijau, maka sangat dimungkinkan sekali penggunaan Breksi batuapung Hijau dapat menghasilkan beton yang lebih ringan dibandingkan dengan beton normal.

Breksi Batuapung Hijau merupakan agregat alam yang berasal dari aktifitas gunung api yang mengendap dan karena aktifitas tektonik yang intensif berupa pengangkatan maka bahan galian ini tersingkap. Breksi Batuapung Hijau ini merupakan kumpulan dari “pumice”(batu apung) yang telah tersemen. Oleh karena itu Breksi Batuapung Hijau tidak dapat digolongkan ke dalam “pumice”(batu apung) seperti

terlihat pada gambar 3.1 karena mempunyai berat jenis yang lebih tinggi dan sangat mungkin sekali untuk digunakan sebagai agregat kasar beton struktur.

Dengan menggunakan 3 (tiga) variasi gradasi agregat kasar pada adukan beton, perbandingan gradasi agregat Breksi Batuapung Hijau yang paling baik dari ketiga variasi tersebut yang menghasilkan kuat desak terbesar dapat diketahui.

BAB V

METODE PENELITIAN

5.1 Umum

Hasil akhir suatu penelitian ditentukan oleh metode yang digunakan pada penelitian tersebut. Penelitian dapat berjalan dengan sistematis dan lancar serta mencapai tujuan yang diinginkan tidak terlepas dari metode penelitian yang disesuaikan dengan prosedur, alat dan jenis penelitian.

Berikut ini akan diuraikan metode penelitian yang digunakan mengenai cara pengumpulan data, analisis data, bahan dan peralatan yang digunakan, benda uji yang digunakan, metode perancangan adukan beton dan metode perawatan benda uji.

5.2 Pengumpulan Data

Data merupakan faktor yang berpengaruh dan sangat diperlukan untuk menentukan kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton. Pada penelitian ini data-data yang diperlukan diperoleh dari percobaan, pengamatan dan perhitungan langsung di laboratorium BKT Fakultas Teknik Sipil UII, Yogyakarta.

5.3 Analisis Data

Setelah data yang diperlukan cukup maka dilakukan analisis data, yaitu dengan perhitungan langsung dari data laboratorium dengan menggunakan formula yang ada untuk menentukan kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton.

5.4 Bahan dan Peralatan

Selain semen, bahan yang digunakan merupakan bahan lokal daerah Istimewa Yogyakarta dan peralatan yang digunakan adalah peralatan yang tersedia pada laboratorium BKT Fakultas Teknik Sipil UII, Yogyakarta. Bahan dan peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

5.4.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada campuran beton adalah sebagai berikut ini.

1. Semen yang digunakan adalah semen portland merk Nusantara tipe I.
2. Agregat halus (pasir) diambil dari Kali Boyong Yogyakarta.
3. Agregat kasar (kerikil Pecah) menggunakan Breksi Batuapung Hijau yang diambil dari Dusun Mongkrong, Kecamatan Patuk Gunung kidul.
4. Air yang digunakan diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

5.4.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah: cetakan silinder, oven, bak pengaduk beton kedap air, satu set pemeriksaan “slump”, mesin Los Angeles, mesin uji desak beton, ayakan, timbangan, kaliper dan peralatan bantu lainnya.

5.5 Benda Uji yang Digunakan

Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan jumlah keseluruhan 51 (lima puluh satu) sampel, untuk kuat tekan pengujian dilakukan pada umur beton 7, 14,

21 dan 28 hari sedangkan untuk kuat tarik pada umur 28 hari dengan perincian sebagai berikut ini.

1. Beton yang bergradasi agregat kasar diambil secara acak untuk pengujian kuat tekan digunakan 12 sampel dan kuat tarik 5 sampel.
2. Beton yang bergradasi agregat kasar lolos saring 9,5 mm 15% dan 19,0 mm 85% untuk pengujian kuat tekan digunakan 12 sampel dan kuat tarik 5 sampel.
3. Beton yang bergradasi agregat kasar lolos saring 9,5 mm 30% dan 19,0 mm 70% untuk pengujian kuat tekan digunakan 12 sampel dan kuat tarik 5 sampel.

5.6 Metode Perancangan Adukan Beton

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

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

Menurut Ferguson (1986), dengan memakai agregat ringan, desain suatu campuran harus pasti dibuat berdasarkan takaran yang dicoba-coba. Banyak agregat ringan menghasilkan beton dengan kekuatan 20 MPa dan beberapa diantaranya dengan mudah mencapai kekuatan 40 MPa dibawah pengawasan yang ketat.

Pada penelitian ini perancangan adukan beton menggunakan metode takaran coba-coba. Berdasarkan tabel 5.1 yang disadur dari “ Design and Control of Concrete

5.6 Metode Perancangan Adukan Beton

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

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

Menurut Ferguson (1986), dengan memakai agregat ringan, desain suatu campuran harus pasti dibuat berdasarkan takaran yang dicoba-coba. Banyak agregat ringan menghasilkan beton dengan kekuatan 20 MPa dan beberapa diantaranya dengan mudah mencapai kekuatan 40 MPa dibawah pengawasan yang ketat.

Pada penelitian ini perancangan adukan beton menggunakan metode takaran coba-coba. Berdasarkan tabel 5.1 yang disadur dari “Design and Control of Concrete Mixtures” (PCA 1952) dapat digunakan untuk merencanakan adukan beton (Antono, 1971). Sebelum memulai perencanaan hal-hal yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

1. ukuran butir maksimum kerikil atau agregat kasar,
2. modulus halus butir dari pasir yang akan digunakan,
3. faktor air semen yang akan digunakan, dan
4. slump yang direncanakan = 5 cm.

Tabel 5.1 Daftar Kebutuhan Bahan Campuran Beton pada Beberapa FAS

Ukuran maks. Kerikil (mm)	Faktor air semen (fas)	Perbandingan berat sp: pasir: kerikil, dengan sp=1								
		Pasir halus Mhb 2.2-2.6			Pasir sedang Mhb 2,6-2,9			Pasir kasar Mhb 2,9-3,2		
		% pasir dari p+k	P	K	% pasir dari p+k	P	K	% pasir dari p+k	P	K
19,1	0,4450	43	1,81	2,45	45	1,91	2,34	47	1,97	2,23
25,4	0,4450	38	1,70	2,71	40	1,76	2,66	42	1,86	2,53
38,1	0,4450	34	1,59	3,19	36	1,70	3,09	38	1,81	2,98
50,8	0,4450	31	1,59	3,56	33	1,70	3,46	35	1,81	3,35
19,1	0,4895	44	2,08	2,66	46	2,18	2,55	48	2,29	2,45
25,4	0,4895	39	1,92	3,03	41	2,02	2,93	43	2,13	2,82
38,1	0,4895	35	1,86	3,41	37	1,97	3,35	39	2,08	3,24
50,8	0,4895	32	1,86	3,94	34	1,97	3,83	36	2,08	3,72
19,1	0,5340	45	2,40	2,93	47	2,50	2,82	49	2,61	2,71
25,4	0,5340	40	2,18	3,14	42	2,29	3,14	44	2,40	3,03
38,1	0,5340	36	2,13	3,78	38	2,24	3,67	40	2,40	3,56
50,8	0,5340	33	2,13	4,26	35	2,24	4,15	37	2,34	4,04
19,1	0,5785	45	2,61	3,07	48	2,72	2,98	50	2,82	2,82
25,4	0,5785	41	2,45	3,51	43	2,56	3,41	45	2,66	3,30
38,1	0,5785	37	2,40	4,04	39	2,50	3,94	41	2,66	3,78
50,8	0,5785	34	2,40	4,57	36	2,50	4,42	38	2,66	4,36
19,1	0,6230	47	2,92	3,35	49	3,09	3,24	51	3,19	3,06
25,4	0,6230	42	2,71	3,78	44	2,87	3,62	46	2,98	3,51
38,1	0,6230	38	2,66	4,36	40	2,82	4,20	42	2,87	4,10
50,8	0,6230	35	2,66	4,95	37	2,82	4,79	39	2,98	4,62
19,1	0,6675	48	3,19	3,51	50	3,43	3,35	52	3,51	3,19
25,4	0,6675	43	3,15	4,44	45	3,19	3,98	47	3,30	3,78
38,1	0,6675	39	2,93	4,57	41	3,09	4,41	43	3,25	4,26
50,8	0,6675	36	2,93	5,26	38	3,09	5,11	40	3,25	4,94
19,1	0,7120	49	3,51	3,67	51	3,67	3,51	53	3,83	3,35
25,4	0,7120	44	3,35	4,26	46	3,51	4,10	48	3,67	3,94
38,1	0,7120	40	3,25	4,48	42	3,41	4,68	44	3,56	4,52
50,8	0,7120	37	3,30	5,58	39	3,46	5,42	41	3,62	5,21

Metode perencanaan campuran beton dengan takaran coba-coba, pada umumnya hanya berlaku pada beton normal. Sehingga apabila digunakan pada beton ringan akan

menghasilkan beton yang kurang memuaskan, walaupun demikian metode takaran coba-coba lebih fleksibel dibandingkan dengan metode campuran lainnya.

Walaupun banyak teori perencanaan campuran yang dapat dipakai, yang tampaknya akan menghasilkan sebagaimana yang diharapkan, sebenarnya hanyalah suatu pedoman saja untuk melakukan coba-coba (Tjokrodimulyo, 1992).

5.7 Metode Perawatan Benda Uji

Untuk memperoleh hasil pengujian yang diharapkan, diperlukan perawatan terhadap benda uji. Perawatan benda uji meliputi beberapa cara, antara lain :

1. beton dibahasi terus menerus dengan menggunakan air,
2. beton direndam dalam air dengan keadaan lingkungan bersuhu 23°C - 27°C , dan
3. beton diselimuti dengan karung goni basah plastik film, atau kertas perawatan tahan air.

Pada penelitian ini perawatan beton adalah dengan merendam beton dalam air sampai menjelang waktu pengujian. Sehari sebelum dilakukan pengujian, benda uji diangkat dan diangin-anginkan sehingga didapat benda uji dalam keadaan kering.

Kekuatan beton akan bertambah selama terdapat cukup air yang bisa menjamin berlangsungnya hidrasi semen secara baik.

BAB VI

PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN

6.1 Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Benda uji yang direncanakan sebanyak 51 silinder beton, meliputi 3 (tiga) macam campuran beton berdasarkan variasi gradasi agregat kasar dengan nilai fas dan “slump” yang sama.

Setiap campuran beton dibuatkan benda uji sebanyak 17 (tujuh belas) buah silinder dengan waktu pengujian 7, 14, 21 dan 28 hari.

Pelaksanaan yang akan diuraikan dalam bab ini meliputi persiapan bahan, persiapan alat, penentuan proporsi campuran dan pembuatan, proses pengujian benda uji serta hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel.

6.2 Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah Semen portland, agregat halus, agregat kasar dan air.

1. Semen Portland

Semen portland yang digunakan adalah semen portland dengan merk Nusantara, dengan data-data sebagai berikut :

tipe semen : Tipe I, dan

Bj semen : $3,15 \text{ g/cm}^3$.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir alam dengan data-data sebagai berikut :

asal pasir : Kaliboyong, kabupaten Sleman, dan

Bj pasir : $2,58 \text{ g/cm}^3$.

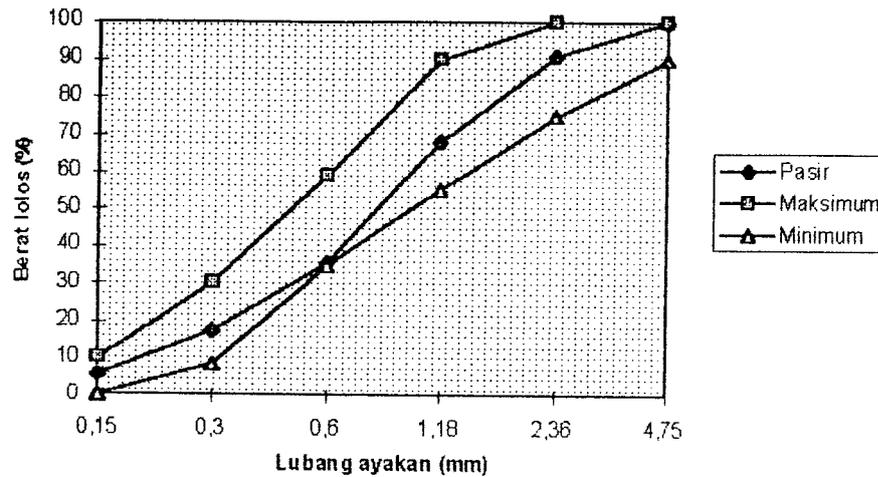
Adapun modulus halus butir dan karakteristik gradasi dari pasir tersebut dapat dilihat dari Tabel 6.1 dan Gambar 6.1.

Tabel 6.1 Gradasi Pasir Alam Asal Kali Boyong

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (Gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Komulatif (%)	Berat Lolos Saringan (%)	Syarat ASTM
4,75	0	0	0	100	90,0-100
2,36	495,9	8,87	8,87	91,13	75,0-100
1,18	1287,5	23,028	31,898	68,102	55,0-90,0
0,6	1800,5	32,203	64,161	35,899	35,0-59,0
0,3	1039,1	18,585	82,686	17,314	8,0-30,0
0,15	660	11,805	94,491	5,509	0,0-10,0
PAN	308	5,509	-	-	-
Jumlah	5591	100	282,046	-	-

Dari data tabel diperoleh :

$$\text{Modulus halus butir (mhb)} = (282,046 / 100) \times 100\% = 2,82$$



Gambar 6.1 Grafik Gradasi Pasir Alam Asal Kali Boyong

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah agregat Breksi Batuapung Hijau (Breksi B.A.H), dengan data sebagai berikut ini.

Asal agregat Breksi Batuapung Hijau : Dusun Mongkrong, Desa Sampang, Kecamatan Patuk Gunungkidul.

Bj SSD : 1,6771 gr/cm³.

Bj kering tusuk : 1,1320 gr/cm³.

Penyerapan air : 17,331 %.

Keausan (“abrasi”) : 47,22 %.

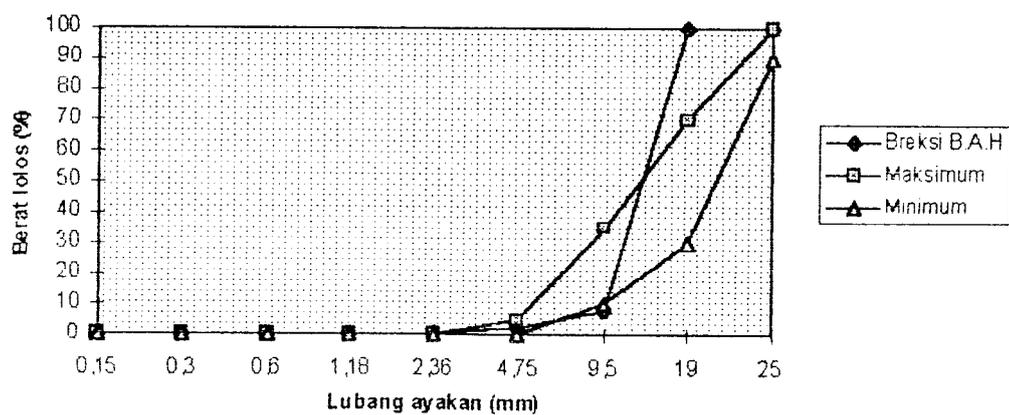
Modulus halus butir dan karakteristik gradasi agregat ini dapat dilihat pada tabel 6.2 dan Gambar 6.2.

Tabel 6.2 Gradasi Agregat Breksi Batuapung Hijau

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (Gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Berat Lolos Saringan (%)	Syarat ASTM C33-71a (%)
25	0	0	0	100	90-100
19	0	0	0	100	30-70
9,5	2782	92,7333	92,7333	7,2667	10-35
4,75	158	5,2667	98,0000	2,0000	0-5
2,36	46	1,5333	99,5333	0,4667	-
1,20	-	-	99,5333	-	-
0,60	-	-	99,5333	-	-
0,30	-	-	99,5333	-	-
0,15	-	-	99,5333	-	-
PAN	14	0,4667	-	-	-
Jumlah	3000	100	688,3998	-	-

Dari data tabel diperoleh :

$$\text{Modulus halus butir (mhb)} = (688,3998 / 100) \times 100\% = 6,883$$



Gambar 6.2 Grafik Gradasi Breksi Batuapung Hijau

Gradasi agregat kasar Breksi Batuapung Hijau yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dalam 3 (tiga) macam variasi berikut ini.

1. Lolos saringan 9,5 mm 5 % dan 19,0 mm 95% dari kebutuhan total agregat kasar.
2. Lolos saringan 9,5 mm 15 % dan 19,0 mm 85 % dari kebutuhan total agregat kasar.
3. Lolos saringan 9,5 mm 30 % dan 19,0 mm 70 % dari kebutuhan total agregat kasar.

Sebelum dilaksanakan pencampuran adukan agregat Breksi Batuapung Hijau dicuci / dibersihkan dari kotoran dan lumpur terlebih dahulu.

Agregat Breksi Batuapung Hijau yang dipakai dalam proses pencampuran adalah agregat dalam keadaan jenuh kering-muka (“Saturated surface dry”, SSD), karena (Tjokrodimulyo, 1992) :

1. merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pastinya, dan
2. kadar air di lapangan lebih banyak yang mendekati keadaan SSD daripada yang kering tungku.
3. Air

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

6.3 Persiapan Alat

Alat yang digunakan pada pengujian ini meliputi alat uji desak, alat uji tarik dan alat uji modulus elastisitas.

6.3.1 Alat Uji Desak

Alat uji desak yang digunakan adalah alat elektrikal hidrolik dengan merk Controls. Cara menjalankan alat ini cukup dengan menekan tombol yang ada dan besarnya gaya desak dapat dibaca pada dial pembacaan beban.

6.3.2 Alat Uji Tarik

Alat uji tarik yang digunakan sama dengan alat yang digunakan untuk pengujian desak ,yaitu alat elektrikal hidrolik dengan merk Control.

6.3.3 Alat Uji Modulus Elastisitas

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

6.4 Penentuan Proporsi Campuran dan Pembuatan Benda Uji

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

1. Menentukan fas rencana.



fas yang direncanakan diambil 0,5340.

2. Menentukan perbandingan berat bahan-bahan penyusun beton.

Berdasarkan modulus halus butir (Mhb) pasir, nilai fas yang direncanakan dan ukuran maksimum agregat kasar Breksi Batuapung Hijau (Breksi B.A.H), maka dengan menggunakan Tabel 5.1 dapat ditentukan perbandingan berat bahan-bahan penyusun beton sebagaimana tercantum dalam Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Perbandingan Berat Bahan Penyusun Beton

Nilai fas	Semen (kg)	Pasir (kg)	Breksi B.A.H (kg)	Air (kg)
0,5340	1,0000	2,5000	2,8200	0,5340

3. Menentukan perbandingan volume bahan-bahan penyusun beton.

Berdasarkan berat jenis masing-masing bahan-bahan penyusun beton dan perbandingan berat pada Tabel 6.3, maka dapat dihitung perbandingan volumenya sebagaimana tercantum dalam Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Perbandingan Volume Bahan Penyusun Beton

Nilai fas	Semen (m ³)	Pasir (m ³)	Breksi B.A.H (m ³)	Air (m ³)
0,5340	0,0003	0,0009	0,0017	0,0005

4. Menentukan volume bahan yang dibutuhkan.

Berdasarkan perbandingan volume pada Tabel 6.4, jumlah perbandingan volume dan volume sampel yang diinginkan, maka dapat dihitung kebutuhan bahan penyusun beton untuk tiap variasi adalah sama, sebagaimana tercantum pada Tabel 6.5

Tabel 6.5 Volume Bahan Penyusun Beton yang Dibutuhkan

Nilai fas	Jumlah perbandingan volume agregat	Volume sampel (m ³)	Perbandingan volume agregat			
			Semen (m ³)	Pasir (m ³)	Breksi Batuapung Hijau (m ³)	Air (m ³)
0,534	0,0034	0,0901	0,0079	0,024	0,0451	0,013

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

Berdasarkan berat jenis masing-masing bahan penyusun dan kebutuhan bahan penyusun pada Tabel 6.5, maka kebutuhan bahan penyusun beton dalam satuan berat dapat dihitung sebagaimana tercantum pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Bahan Penyusun Beton yang Dibutuhkan dalam Satuan Berat

Nilai fas	Perbandingan Berat Agregat			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Breksi B.A.H (kg)	Air (kg)
0,5340	25,0425	61,533	75,5489	13,25

6. Proses pencampuran.

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

- a. Kurang lebih 80% dari campuran pasir dan breksi batuapung hijau yang disediakan dituangkan ke dalam mesin pengaduk.
- b. Semen portland dan air dimasukkan secara bertahap dengan perbandingan fas yang direncanakan, kemudian diaduk sampai plastik.

- c. Konsistensinya diperiksa dengan pengujian “slump”. Bila slump yang diperoleh kurang dari 5 cm, maka tambahkan air dan semen secara bersamaan dengan perbandingan yang tetap sesuai dengan fas yang diinginkan sedikit demi sedikit hingga diperoleh slump yang direncanakan yaitu : 5 cm.
- d. Jika ternyata pada pengujian slump untuk pertama kali didapat slump lebih besar dari 5 cm, maka ditambahkan campuran pasir dan breksi batuapung hijau secara bertahap dan diaduk lagi. Hal ini dilanjutkan sampai slump mencapai 5 cm.
7. Menentukan volume bahan susun yang dibutuhkan setelah proses pencampuran.

Perhitungan ini berdasarkan atas penambahan campuran bahan penyusun beton yang telah dicampur karena belum terpuhinya slump 5 cm. Setelah pencampuran bahan penyusun beton, dihasilkan penambahan bahan sebagaimana tercantum pada Tabel 6.7. Penambahan ini terjadi pada 3 (tiga) macam variasi yang diuji dengan penambahan berat bahan yang sama.

Tabel 6.7 Penambahan Bahan Penyusun Beton Dalam Satuan Berat

Nilai fas	Penambahan Bahan			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Breksi B.A.H (kg)	Air (kg)
0.5340	5,0000	-	-	2,67

Jumlah total bahan-bahan penyusun beton yang digunakan pada setiap variasi gradasi adalah sama seperti tercantum pada Tabel 6.8.

Tabel 6.8 Daftar Kebutuhan Total Bahan Penyusun Beton yang Digunakan

Nilai fas	Kebutuhan Bahan yang Digunakan			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Breksi B.A.H (kg)	Air (kg)
0.5340	30,0425	61,533	75,5489	15,92

Tabel 6.9 Daftar Perbandingan Bahan Penyusun Beton yang Digunakan

Nilai fas	Perbandingan Kebutuhan Bahan yang Digunakan			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Breksi B.A.H (kg)	Air (kg)
0.5340	1	2,0482	2,5147	0,5340

8. Proses pencetakan.

Adukan yang telah mencapai “slump” 5 cm dimasukkan ke dalam cetakan dalam tiga lapis, setiap lapis diisi kira-kira 1/3 isi cetakan. Masing-masing lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali secara merata. Untuk memperoleh permukaan bagian atas yang rata, permukaan cetakan diratakan dan ditutup dengan menggunakan kaca. Untuk masing-masing variasi gradasi digunakan 17 cetakan benda uji.

9. Perawatan benda uji.

Setelah didiamkan selama 24 jam, benda uji dilepas dari cetakannya. Untuk menjamin terjadinya proses hidrasi secara terus menerus, maka benda uji direndam dalam bak berisi air. Perendaman dilakukan sampai sehari menjelang proses pengujian.

6.5 Proses Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji dilakukan setelah benda uji berumur 7, 14, 21 dan 28 hari, meliputi pengujian berat volume, kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik dengan proses pengujian sebagaimana yang diuraikan berikut ini.

1. Pengujian berat volume.

Berat volume diukur dengan mengukur volume dan menimbang masing-masing benda uji. Untuk memperkecil kesalahan dalam pengukuran, masing-masing sisi diukur 3 kali dengan tempat pengukuran yang berbeda, kemudian diambil rata-ratanya. Berat volume yang dihasilkan dapat dihitung dengan cara membagi berat benda uji dengan volumenya.

2. Pengujian desak beton.

Beban vertikal yang dikerjakan pada benda uji, diberikan dengan mesin desak hidrolis. Setelah benda uji siap dalam posisi vertikal pada tempat pengujian, pembebanan dilakukan secara berangsur-angsur sampai mencapai beban maksimum, yaitu saat benda uji mengalami kehancuran.

3. Pengujian modulus elastisitas beton.

Beban vertikal yang dikerjakan pada benda uji, diberikan dengan mesin desak hidrolis. Setelah benda uji yang telah dipasang kompressometer siap dalam posisi vertikal pada tempat pengujian, pembebanan dilakukan secara berangsur-angsur dan setiap penambahan beban 10 KN dicatat hasilnya sampai mencapai beban maksimum, yaitu saat benda uji mengalami kehancuran.

4. Pengujian kuat tarik beton.

Beban vertikal yang dikerjakan pada benda uji, diberikan dengan mesin desak hidrolis. Setelah benda uji siap dalam posisi horizontal/rebah pada tempat pengujian, pembebanan dilakukan secara merata terhadap permukaan dengan penambahan beban secara berangsur-angsur sampai mencapai beban maksimum, yaitu saat benda uji terbelah.

6.6 Hasil Penelitian

Faktor konversi 1 KN = 101,971 kg.

Hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik silinder beton berdasarkan variasi gradasi agregat kasar dan faktor umur dapat dilihat pada Tabel-Tabel berikut ini.

Tabel 6.10 Pengujian kuat tekan beton pada variasi I

Umur (hari)	No	Berat (kg)	Berat Volume (gr/cm ³)	Beban (KN)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
7	1	10,6	1,9940652	175	102,11920	103,8585397
	2	10,5	1,9894335	171	100,18755	
	3	10,5	1,9940567	185	109,26887	
14	1	10,5	1,9858319	229	134,16929	137,4084092
	2	10,5	1,9753646	235	137,49989	
	3	10,6	1,9880101	242	140,55605	
21	1	10,3	1,9465527	290	168,99949	168,6839341
	2	10,4	1,9946621	286	168,80992	
	3	10,4	1,9794299	286	168,24239	
28	1	10,5	1,977053	311	180,51123	182,6543187
	2	10,3	1,9878163	309	184,61881	
	3	10,5	1,9621245	315	182,83292	

Tabel 6.11 Pengujian kuat tarik beton pada variasi I

Umur (hari)	No	Berat (kg)	Berat Volume (gr/cm ³)	Beban (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)	Kuat Tarik Rata-rata (kg/cm ²)
28	1	10,6	1,9769173	125	17,781603	17,12544149
	2	10,6	1,9796808	115	16,349092	
	3	10,5	1,9905820	119	17,092407	
	4	10,4	1,9796090	120	17,270908	
	5	10,5	1,9720692	120	17,133197	

Tabel 6.12 Pengujian kuat tekan beton pada variasi II

Umur (hari)	No	Berat (kg)	Berat Volume (gr/cm ³)	Beban (KN)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
7	1	10,3	1,9812482	189	112,84564	114,8050367
	2	10,2	1,8966954	202	117,16690	
	3	10,3	1,9480807	195	114,40257	
14	1	10,4	1,9800832	260	152,94763	145,2638262
	2	10,4	1,9804835	245	145,29467	
	3	10,3	1,9830523	231	137,54918	
21	1	10,4	1,9978583	300	179,12006	172,2604565
	2	10,3	1,9597504	283	166,47761	
	3	10,3	1,9629875	291	171,18369	
28	1	10,5	1,9812108	320	187,23389	186,1326518
	2	10,3	1,9643673	311	185,43628	
	3	10,3	1,9403422	317	185,72779	

Tabel 6.13 Pengujian kuat tarik beton pada variasi II

Umur (hari)	No	Berat (kg)	Berat Volume (gr/cm ³)	Beban (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)	Kuat Tarik Rata-rata (kg/cm ²)
28	1	10,5	1,9895895	115	16,598518	17,59133456
	2	10,3	1,9877356	115	16,763611	
	3	10,6	1,9869153	130	18,623665	
	4	10,4	1,9979523	123	17,878764	
	5	10,3	1,9743076	125	18,092116	

Tabel 6.14 Pengujian kuat tekan beton pada variasi III

Umur (hari)	No	Berat (kg)	Berat Volume (gr/cm ³)	Beban (KN)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
7	1	10,5	1,9912679	200	117,73124	115,8712563
	2	10,6	1,9710756	191	110,78853	
	3	10,5	1,9358872	203	119,09601	
14	1	10,4	1,9800832	240	141,18243	149,5198574
	2	10,55	1,9848348	250	146,47302	
	3	10,4	1,9675181	275	160,90413	
21	1	10,4	1,9447614	294	170,87242	176,1781893
	2	10,5	1,9978038	300	176,47803	
	3	10,4	1,9820456	303	181,18412	
28	1	10,5	1,9812108	323	188,98921	188,8770617
	2	10,4	1,9515769	320	187,73755	
	3	10,4	1,9603554	325	189,90443	

Tabel 6.15 Pengujian kuat tarik beton pada variasi III

Umur (hari)	No	Berat (kg)	Berat Volume (gr/cm ³)	Beban (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)	Kuat Tarik Rata-rata (kg/cm ²)
28	1	10,3	1,9889193	120	17,361109	17,80295366
	2	10,2	1,9063519	115	16,338985	
	3	10,3	1,9389546	120	17,172597	
	4	10,2	1,9466574	135	19,480987	
	5	10,5	1,9934031	130	18,661091	

BAB VII

ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

7.1 Umum

Dalam suatu penelitian perlu adanya analisis hasil dan pembahasan terhadap data-data yang diperoleh. Adapun analisis hasil penelitian yang akan dikemukakan di sini meliputi analisis pengendalian mutu pekerjaan beton, kuat tekan beton, kuat tarik beton dan modulus elastisitas yang kemudian akan dilakukan pembahasan berdasarkan hasil analisis tersebut.

7.2 Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan Beton

Penelitian ini menggunakan 3 (tiga) macam variasi gradasi agregat kasar lolos saringan dengan variasi sebagai berikut ini.

1. Variasi I, variasi gradasi agregat kasar lolos saring 9,5 mm 5% dan 19,0 mm 95%.
2. Variasi II, variasi gradasi agregat kasar lolos saring 9,5 mm 15% dan 19,0 mm 85%.
3. Variasi III, variasi gradasi agregat kasar lolos saring 9,5 mm 30% dan 19,0 mm 70%.

Faktor umur yang dipergunakan dalam analisis pengendalian mutu pelaksanaan adalah nilai konversi yang tercantum dalam Tabel 3.1, yaitu nilai konversi untuk

perbandingan kuat tekan pada berbagai umur untuk benda uji yang dirawat dilaboratorium dan berlaku untuk beton normal.

Perhitungan deviasi standar beton dapat dilihat pada Tabel 7.1, 7.2 dan 7.3 berikut ini.

Tabel 7.1 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton pada Variasi I

No	Umur (hari)	Faktor umur	$f'c$ (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28} - f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,7	102,1192	145,8846	165,7258	393,6746007
2	7	0,7	100,1876	143,1251	165,7258	510,7899874
3	7	0,7	109,2689	156,0984	165,7258	92,68628062
4	14	0,88	134,1693	152,4651	165,7258	175,8458028
5	14	0,88	137,4999	156,2499	165,7258	89,79293924
6	14	0,88	140,5561	159,7228	165,7258	36,03551785
7	21	0,96	168,9995	176,0411	165,7258	106,4063597
8	21	0,96	168,8699	175,9061	165,7258	103,6394413
9	21	0,96	168,2424	175,2525	165,7258	90,75801289
10	28	1	180,5122	180,5122	165,7258	218,637625
11	28	1	184,6188	184,6188	165,7258	356,945449
12	28	1	182,8329	182,8329	165,7258	292,6528704
	Σ			1988,71		2467,864887

Perhitungan Tabel 7.1.

Kuat tekan umur 28 hari ($f'c_{28}$) = kuat tekan benda uji ($f'c$) / faktor umur

$$\text{Kuat tekan rata-rata, } f'_{cr} = \frac{\Sigma f'c_{28}}{N} = \frac{1988,71}{12} = 165,7258 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma (f'c_{28} - f'_{cr})^2}{N - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{2467,8649}{12 - 1}} = 14,9784 \text{ kg/cm}^2$$

Dari hasil perhitungan tersebut di atas, diperoleh angka deviasi standar $14,9784 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 7.2 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton pada Variasi II

No	Umur (hari)	Faktor umur	f_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28} - f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,7	112,8457	161,2081	173,6689	155,2708365
2	7	0,7	117,1669	167,3813	173,6689	39,53427906
3	7	0,7	114,4026	163,4323	173,6689	104,788272
4	14	0,88	152,9476	173,8041	173,6689	0,018276582
5	14	0,88	145,2967	165,1099	173,6689	73,25671443
6	14	0,88	137,5992	156,3627	173,6689	299,5036145
7	21	0,96	179,1201	186,5834	173,6689	166,7852788
8	21	0,96	166,4776	173,4142	173,6689	0,064889071
9	21	0,96	171,1837	178,3164	173,6689	21,59883023
10	28	1	187,2239	187,2239	173,6689	183,738025
11	28	1	185,4628	185,4628	173,6689	139,0960772
12	28	1	185,7279	185,7279	173,6689	145,419481
	Σ			2084,027		1329,074574

Perhitungan Tabel 7.2.

Kuat tekan umur 28 hari ($f'_{c 28}$) = kuat tekan benda uji (f_c) / faktor umur

$$f'_{cr} = \frac{\Sigma f'_{c 28}}{N} = \frac{2084,027}{12} = 173,6689 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma (f'_{c 28} - f'_{cr})^2}{N - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{1329,0746}{12 - 1}} = 10,992 \text{ kg/cm}^2$$

Dari hasil perhitungan tersebut di atas, diperoleh angka deviasi standar $10,992 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 7.3 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton pada Variasi III

No	Umur (hari)	Faktor umur	f_c (kg/cm ²)	$f_{c_{28}}$ (kg/cm ²)	f_{cr} (kg/cm ²)	$(f_{c_{28}} - f_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,7	117,3214	167,602	176,91	86,63909175
2	7	0,7	110,7865	158,2664	176,91	347,5832118
3	7	0,7	119,096	170,1371	176,91	45,87159388
4	14	0,88	141,1824	160,4345	176,91	271,4406025
5	14	0,88	146,473	166,4466	176,91	109,4829298
6	14	0,88	160,9041	182,8456	176,91	35,23096964
7	21	0,96	170,8724	177,9921	176,91	1,17090434
8	21	0,96	176,478	183,8313	176,91	47,90370156
9	21	0,96	181,1841	188,7334	176,91	139,7936743
10	28	1	188,9891	188,9891	176,91	145,9046568
11	28	1	187,7376	187,7376	176,91	117,2369218
12	28	1	189,9044	189,9044	176,91	168,8544314
	Σ			2122,92		1517,112689

Perhitungan Tabel 7.3.

Kuat tekan umur 28 hari ($f'_{c_{28}}$) = kuat tekan benda uji (f'_c) / faktor umur

$$f'_{cr} = \frac{\Sigma f'_{c_{28}}}{N} = \frac{2122,92}{12} = 176,91 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma (f'_{c_{28}} - f'_{cr})^2}{N - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{1517,1127}{12 - 1}} = 11,7439 \text{ kg/cm}^2$$

Dari hasil perhitungan tersebut di atas, diperoleh angka deviasi standar 11,7439 kg/cm²

Berdasarkan nilai kuat tekan pada Tabel 7.1, 7.2 dan 7.3 dapat dihitung nilai konversi umur untuk beton ringan dengan menggunakan agregat kasar Breksi Batuapung Hijau dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Faktor umur} = \frac{\text{kuat tekan beton umur } N \text{ hari}}{\text{kuat tekan beton umur 28 hari}}$$

Tetapi perhitungan faktor umur di atas tidak dapat dipergunakan dalam penelitian ini, karena jumlah sampel yang tidak memenuhi batas minimal benda uji sebanyak 20 sampel. Maka nilai konversi umur yang digunakan tetap mengacu pada Tabel 3.1.

7.3 Ringkasan Hasil Pengujian

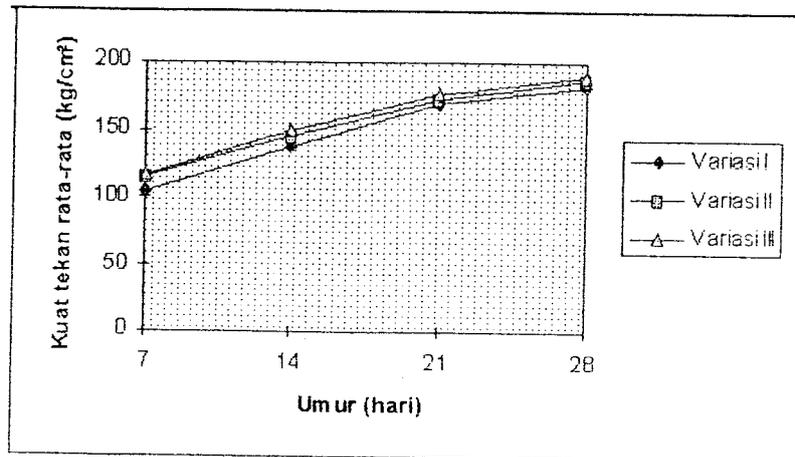
Untuk memperjelas penyajian hasil penelitian, berikut ini akan diuraikan ringkasan hasil pengujian dari kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton yang disajikan dalam bentuk Tabel dan Gambar grafik .

7.3.1 Kuat Tekan Beton

Pada umumnya kekuatan beton meningkat dengan bertambahnya umur, karakteristik ini diilustrasikan dengan Tabel 7.4 dan Gambar 7.1.

Tabel 7.4 Kuat tekan rata-rata beton

Umur (hari)	Variasi I (kg/cm ²)	Variasi II (kg/cm ²)	Variasi III (kg/cm ²)
7	103,8586	114,8050	115,8713
14	137,4084	145,2638	149,5199
21	168,6839	172,2604	176,1782
28	182,6543	186,1327	188,8771

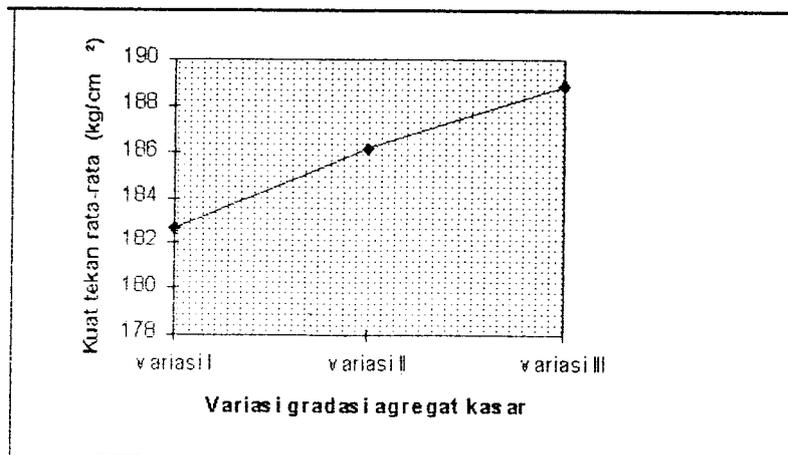


Gambar 7.1 Grafik kuat tekan rata-rata beton

Dari 3 (tiga) macam variasi gradasi agregat kasar, bila kita bandingkan kuat tekan rata-rata yang dihasilkan pada umur 28 hari, maka dapat kita lihat pengaruh yang berupa kenaikan kekuatan tekan rata-rata akibat perbedaan dari variasi gradasi agregat kasar Breksi Batuapung Hijau terhadap kuat tekannya seperti terlihat pada Tabel 7.5 dan Gambar 7.2.

Tabel 7.5 Kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari

Variasi Gradasi	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm ²)
I	182,6543
II	186,1327
III	188,8771



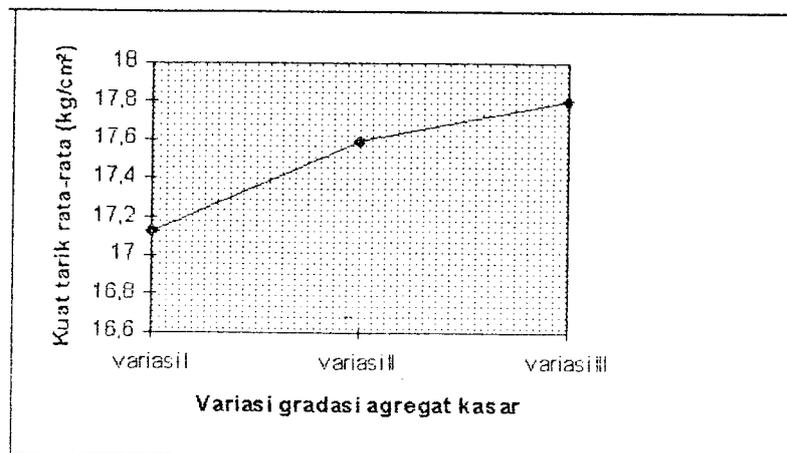
Gambar 7.2 Grafik kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari

7.3.2 Kuat Tarik Beton

Pengujian kuat tarik beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Ringkasan hasil penelitian dari uji tarik pembelahan silinder dengan 3 (tiga) macam variasi gradasi agregat kasar Breksi Batuapung Hijau dapat dilihat pada Tabel 7.6 dan Gambar 7.3.

Tabel 7.6 Kuat tarik rata-rata beton

Variasi Gradasi	Kuat Tarik Rata-Rata (kg/cm ²)
I	17,1254
II	17,5913
III	17,803



Gambar 7.3 Grafik kuat tarik rata-rata beton

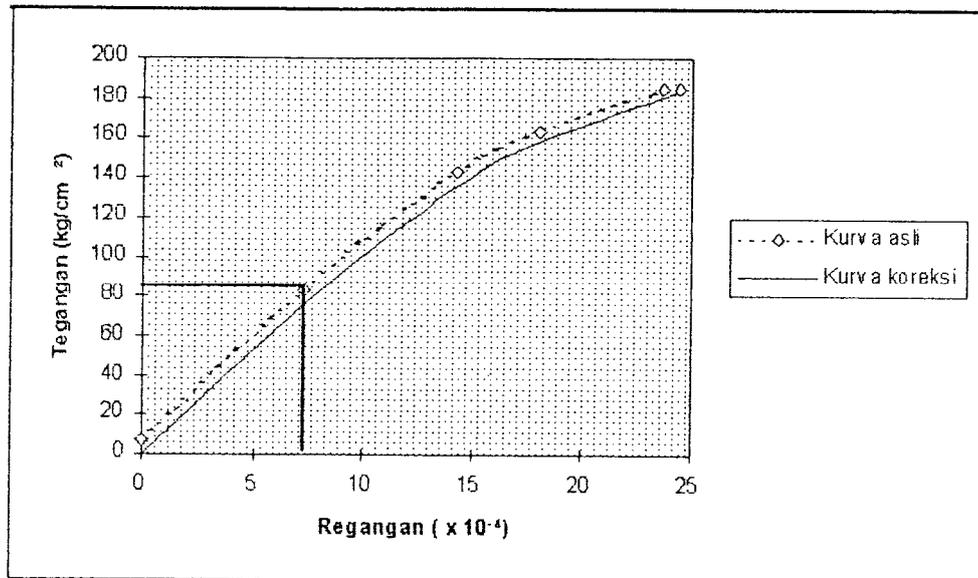
7.3.3 Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari dengan menggunakan sampel yang sama dengan pengujian kuat tekan umur 28 hari. Ringkasan hasil pengujian pada tegangan terbesar dari setiap variasi gradasi agregat kasar Breksi Batuapung Hijau dapat dilihat pada Tabel 7.7 dan Gambar 7.4, 7.5 dan 7.6.

Tabel 7.7 Tegangan dan regangan beton pada pengujian kuat tekan 28 hari dengan 3 (tiga) macam variasi gradasi agregat kasar

Variasi gradasi	Tegangan (kg/cm ²)	Regangan (1.10 ⁻⁴)
I	184,6188	23,7154
II	187,2339	24,663
III	189,9044	25

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



Gambar 7.4 Kurva tegangan dan regangan beton pada variasi I

Dari Gambar 7.4 dapat dilihat batas sebanding, $\sigma_p = 83,646 \text{ kg/cm}^2$

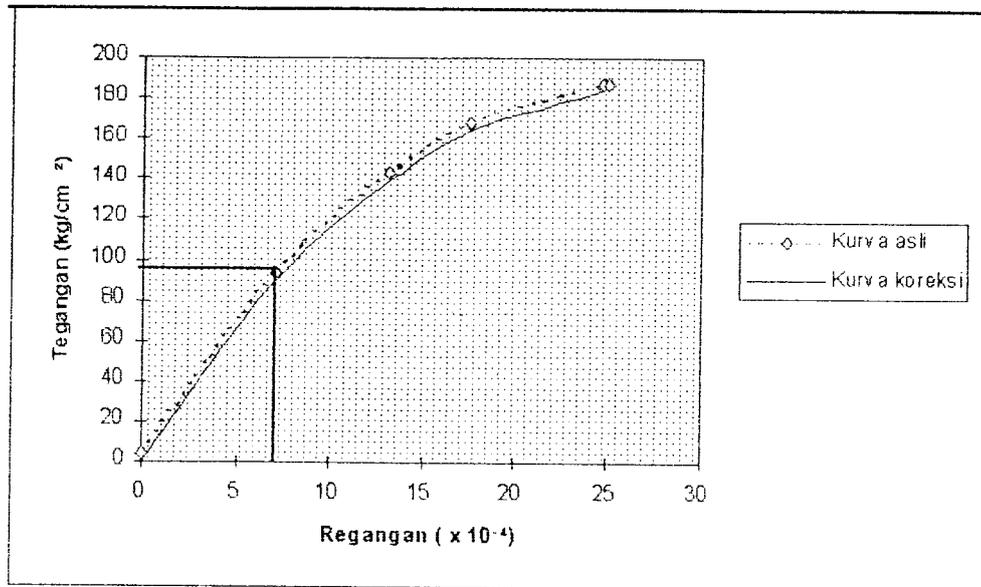
$$\varepsilon_p = 7,2464 \times 10^{-4}$$

$$\text{Modulus Elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\varepsilon_p}$$

$$E = \frac{83,646}{7,2464 \cdot 10^{-4}} = 11,5591 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

Dengan menggunakan perbandingan segitiga diperoleh koreksi kurva sumbu

$$x = 0,7187 \cdot 10^{-4} \text{ (geser ke kanan)}$$



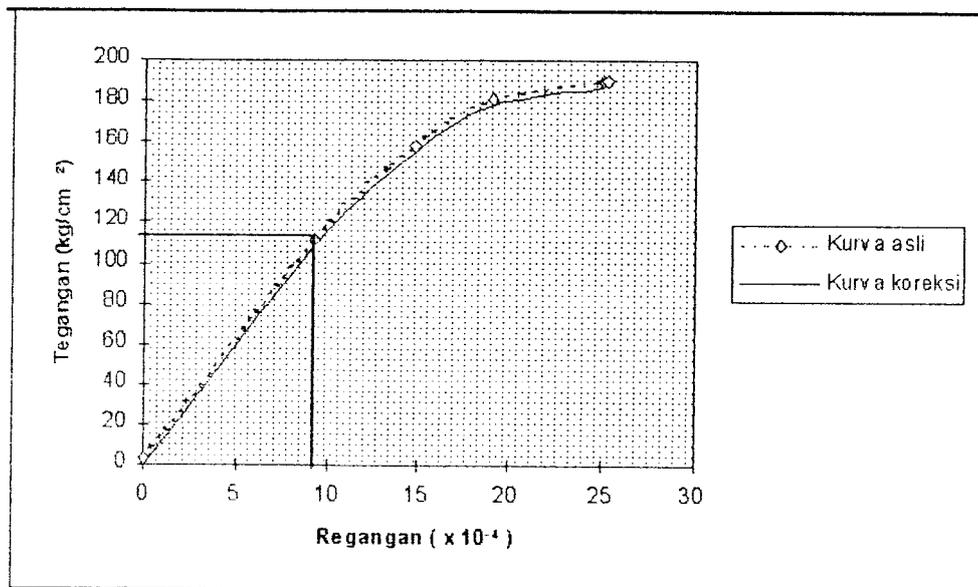
Gambar 7.5 Kurva tegangan dan regangan beton pada variasi II

Dari Gambar 7.5 dapat dilihat batas sebanding, $\sigma_p = 93,6167 \text{ kg/cm}^2$
 $\epsilon_p = 7,07 \times 10^{-4}$

$$\text{Modulus Elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p}$$

$$E = \frac{93,6167}{7,07 \cdot 10^{-4}} = 13,2414 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

Dengan menggunakan perbandingan segitiga diperoleh koreksi kurva sumbu
 $x = 0,3364 \cdot 10^{-4}$ (geser ke kanan)



Gambar 7.6 Kurva tegangan dan regangan pada variasi III

Dari Gambar 7.6 dapat dilihat batas sebanding, $\sigma_p = 111,0209 \text{ kg/cm}^2$
 $\epsilon_p = 9,2105 \times 10^{-4}$

$$\text{Modulus Elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p}$$

$$E = \frac{111,0209}{9,2105 \cdot 10^{-4}} = 12,0742 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

Dengan menggunakan perbandingan segitiga diperoleh koreksi kurva sumbu
 $x = 0,23225 \cdot 10^{-4}$ (geser ke kanan)

7.4 Pembahasan

Sebelum ditarik kesimpulan, terlebih dahulu perlu dilakukan pembahasan mengenai pelaksanaan dan hasil penelitian ini berdasarkan teori yang melandasi, yaitu mengenai pengendalian mutu pekerjaan, berat volume beton, kuat tekan dan kuat tarik beton, modulus elastisitas beton serta pelaksanaan pekerjaan.

7.4.1 Pengendalian Mutu Pekerjaan

Beton dari hasil pengujian perlu diperiksa dengan perkiraan variasi kuat tekan beton dari keseluruhan sampel beton yang diuji. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya.

Karena faktor ekonomis, jumlah benda uji yang digunakan untuk setiap variasi 12 sampel, kurang dari 20 sampel yang disyaratkan. Walaupun demikian karena penelitian ini menggunakan metode takaran coba-coba tanpa perencanaan mutu beton dan standar deviasi sebelumnya, maka penggunaan rumus 3.2 mengenai deviasi standar masih dapat digunakan untuk mengetahui pengendalian mutu pekerjaan ini.

Dari hasil penelitian diperoleh standar deviasi pada 3 (tiga) macam variasi gradasi agregat kasar untuk variasi I sebesar $14,9784 \text{ kg/cm}^2$, variasi II sebesar $10,992 \text{ kg/cm}^2$ dan variasi III sebesar $11,7439 \text{ kg/cm}^2$. Perbedaan standar deviasi yang diperoleh di sini disebabkan karena perbedaan waktu pengerjaan dan kondisi cuaca yang tidak sama.

Nilai standar deviasi yang diperoleh, bila disesuaikan dengan nilai-nilai yang terdapat dalam tabel 3.2, maka mutu pelaksanaan pekerjaan pada penelitian ini masuk dalam katagori memuaskan karena kurang dari 28 kg/cm^2 .

7.4.2 Berat Volume Beton

Berat volume beton sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan -bahan penyusunnya, sehingga apabila bahan penyusunnya mempunyai berat jenis yang besar maka beton yang dihasilkan akan mempunyai berat volume yang besar pula.

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan pada beton dengan agregat kasar Breksi Batuapung Hijau, berat volume rata-rata dari keseluruhan benda uji adalah sebesar $1,9742 \text{ kg/cm}^3$. Sehingga beton dengan agregat kasar Breksi Batuapung Hijau termasuk beton ringan yang dapat digunakan untuk struktur sedang karena mempunyai berat volume antara 1,4 sampai $2,0 \text{ kg/cm}^3$ (Neville, 1975).

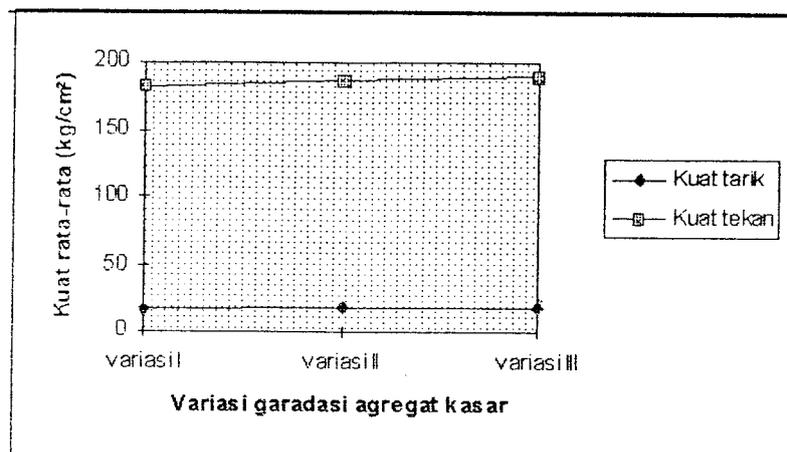
7.4.3 Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton

Kuat tekan dan kuat tarik beton dipengaruhi oleh komposisi dan kekuatan dari masing-masing bahan susun serta lekatan pasta semen pada setiap agregat.

Selain kuat tekan, kekuatan beton di dalam tarik adalah juga suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak di dalam struktur. Perbandingan kuat tarik dan kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari dengan 3 (tiga) macam variasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 7.8 dan Gambar 7.7..

Tabel 7.8 Kuat tekan dan kuat tarik rata-rata beton umur 28 hari dengan 3 (tiga) macam variasi gradasi agregat kasar

Variasi gradasi	Kuat tekan rata-rata (kg/cm^2)	Kuat Tarik Rata-Rata (kg/cm^2)
I	182,6543	17,1254
II	186,1327	17,5913
III	188,8771	17,803



Gambar 7.7 Grafik perbandingan kuat tekan dan kuat tarik beton

Nilai kuat tekan dan tarik beton tidak berbanding lurus, usaha perbaikan mutu beton hanya akan disertai peningkatan kecil kuat tariknya.

Dari data hasil rata-rata penelitian seperti yang terlihat pada Tabel 7.8 dan Gambar 7.7, kuat tarik pada variasi I sebesar 9,37% kuat tekannya, variasi II sebesar 9,45% kuat tekannya dan variasi III sebesar 9,425% kuat tekannya. Hasil ini sesuai dengan formula umum untuk kuat tarik beton yang biasa digunakan pada uji pembelahan silinder untuk beton berbobot ringan yaitu, kuat tarik (f_{ct}) antara $0,4 \sqrt{f_c'}$ sampai $0,5 \sqrt{f_c'}$, f_c' dalam MPa (Wang dan Salmon, 1993), atau berkisar 9,35% sampai 11,70% untuk variasi I, 9,27% sampai 11,59% untuk variasi II dan 9,20% sampai 11,51% untuk variasi III.

Kuat tekan rata-rata umur 28 hari yang diperoleh dalam penelitian ini lebih besar dari syarat beton ringan untuk struktural yaitu sebesar 170 kg/cm^2 .

Dari Gambar 7.7 dapat juga dilihat bahwa variasi III adalah yang paling tinggi kuat tekan dan kuat tariknya, setelah itu variasi II dan variasi I adalah yang terendah.

Hal ini terjadi karena perbandingan variasi /prosentase gradasi agregat kasar yang digunakan antara diameter butir 9,5 mm dan 19,0 mm pada variasi I lebih kecil dari variasi II dan variasi II lebih kecil dari variasi III sehingga pada prosentase yang lebih kecil diameter butir yang kecil (9,5 mm) dapat mengisi lebih banyak celah /rongga diantara diameter yang besar (19,0 mm) dengan demikian akan dihasilkan beton dengan kepadatan lebih tinggi dan porositas yang lebih rendah. Disamping itu tingkat kemudahan pekerjaan dan pemadatan lebih tinggi untuk variasi yang lebih kecil prosentase perbedaan antara butir yang besar dan yang kecil. Hal ini membuktikan semakin proporsional perbandingan gradasi agregat kasar dan masuk dalam daerah baik kurva gradasi agregat kasar berbobot ringan menurut ASTM, seperti terlihat pada Gambar 3.6, beton semakin mampat dan kuat tekan yang dihasilkan semakin tinggi.

Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur dari tiga variasi hampir sama, seperti terlihat pada Gambar 7.1. Hal ini terjadi karena kecepatan bertambahnya umur beton tidak dipengaruhi oleh variasi gradasi agregat kasar tetapi oleh jenis semen, fas dan suhu perawatan. Semakin rendah faktor air semen dan semakin tinggi suhu perawatan, maka semakin cepat kenaikan kekuatannya.

Dengan ukuran nilai fas yang sama, dapat dibandingkan hasil kuat tekan rata-rata umur 28 hari yang diperoleh pada penelitian ini, yaitu dengan penggunaan Breksi Batuapung Hijau sebagai agregat kasarnya didapat kuat tekan silinder maksimum $188,8771 \text{ kg/cm}^2$ atau kalau dikonversikan pada bentuk kubus $227,563 \text{ kg/cm}^2$. Hasil ini jauh melampaui kuat tekan maksimum kubus beton dengan agregat kasar Breksi Batuapung Semilir, yaitu sebesar $94,029 \text{ kg/cm}^2$ (Dewantono dan Bachri, 1996). Hal

ini dapat terjadi, karena seperti telah diterangkan dalam tinjauan pustaka kedua batuan tersebut memiliki sifat fisik yang berbeda.

7.4.4 Modulus Elastisitas Beton

Tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan itu.

Karena kurva beton berbentuk lengkung, seperti terlihat pada Gambar 7.4, 7.5 dan 7.6 maka nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangannya pada tegangan yang tinggi. Hal ini berarti beton tidak sepenuhnya bersifat elastis. Bentuk kurva yang sangat tepat tergantung kepada lamanya waktu pembebanan.

Selain nilai modulus elastisitas seperti yang diperoleh dari hitungan secara grafis, dapat juga nilai modulus elastisitas dihitung dengan menggunakan rumus empiris yang diberikan oleh ACI-8.5.1 (rumus 3.4), sebagaimana yang telah disebutkan dalam landasan teori. Sehingga diperoleh nilai modulus elastisitas untuk masing-masing variasi sebagai berikut.

Tabel 7.9 Modulus elastisitas pada pengujian kuat tekan 28 hari

Variasi gradasi	Kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)	Modulus Elastisitas (1x 10 ⁴ kg/cm ²)	
		Grafis	Rumus Empiris
I	182,6543	11,5591	16,375
II	186,1327	13,2414	16,498
III	188,8771	12,0742	16,264

Perbedaan hasil perhitungan secara grafis dengan menggunakan rumus empiris dapat terjadi karena walaupun pada perhitungan dengan rumus, kepadatan/berat volume

beton diikutkan tetapi tidak memperhitungkan kekasaran permukaan benda uji silinder beton. Pada kenyataannya ketidakmulusan/kekasaran permukaan akan mempengaruhi kecepatan retak, retak akan menurunkan kekakuan hingga mengakibatkan ketidak linearan data yang diperoleh dari pembacaan dan berpengaruh pada bentuk kurva tegangan regangan tekan beton. Disamping itu rumus empiris yang digunakan berlaku bagi beton dengan berat jenis ringan dan normal (tidak “specific”). Pada kenyataannya nilai modulus elastisitas beton ringan dan beton normal berbeda.

Faktor lain yang merupakan kelemahan /tidak dapat digunakannya rumus empiris yaitu, karena nilai modulus elastisitas selain dipengaruhi oleh beban, dipengaruhi juga oleh kelembaban benda uji beton, faktor air semen (fas), umur beton dan temperatur (Nawy, 1985). Sehingga wajar kiranya nilai modulus elastisitas yang dihitung secara grafis lebih rendah namun lebih mendekati keadaan yang sebenarnya dan lebih cermat.

Modulus elastisitas yang diperoleh pada penelitian ini, baik bila dihitung secara grafis maupun analitis (rumus empiris) memenuhi batasan modulus elastis beton ringan, yaitu sekitar 0,5 sampai 0,75 kali dari nilai modulus elastisitas beton dengan agregat alamiah pada kuat desak yang sama, atau berkisar antara 7×10^4 sampai $21 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ (Murdock dan Brook, 1986).

7.4.5 Pelaksanaan Pekerjaan

Pada pelaksanaan penelitian di laboratorium ditemukan beberapa kendala, seperti berikut ini.

1. Jumlah cetakan yang terbatas sehingga dalam melaksanakan penelitian diperlukan waktu yang lebih lama.
2. Kapasitas mixer yang terbatas sehingga untuk mencetak campuran beton diperlukan 2 (dua) kali pencampuran untuk mendapatkan 1 (satu) macam variasi adukan.
3. Permukaan benda uji yang tidak rata sehingga dalam pengujian desak dapat menurunkan mutu/kuat tekan beton.
4. Sangat sulit mendapatkan nilai “slump” 5 cm, hal ini karena ringannya agregat dan serapan air agregat kasar Breksi batuapung hijau yang cukup besar yaitu 17,331% hingga nilai “slump” yang diperoleh seringkali kurang dari 5 cm.

Kendala-kendala tersebut di atas dapat diatasi dengan melakukan cara-cara penyelesaian sebagai berikut ini.

1. Untuk mendapatkan permukaan benda uji yang rata dapat diratakan dan ditutup dengan menggunakan kaca sebelum adukan beton mengering dan juga dapat digunakan gipsium pada permukaan atasnya. Pemberian lapisan ini dibuat dua jam setelah proses pencetakan.
2. Agar tidak terjadi penambahan air pada campuran beton untuk mencapai “slump” yang diinginkan maka proses pengadukan dilakukan secara bertahap dan bila “slump” yang diinginkan belum terpenuhi (terlalu rendah), tambahkan sedikit demi sedikit pasta semen atau semen dan air dengan perbandingan fas yang tetap.

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Beton dengan agregat kasar Breksi Batuapung Hijau mempunyai berat jenis rata-rata $1,9701 \text{ gr/cm}^3$, sehingga dapat digolongkan kedalam beton ringan (syarat berat jenis beton ringan $< 2,00 \text{ gr/cm}^3$).
2. Beton dengan agregat kasar Breksi Batuapung Hijau dapat mencapai kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari untuk berbagai variasi gradasi agregat kasar dengan fas $0,5340$ di atas 170 kg/cm^2 , sehingga dapat digunakan sebagai beton struktur (syarat kuat tekan beton ringan untuk struktur menurut Neville (1975) yaitu 170 kg/cm^2).
3. Variasi gradasi agregat kasar Breksi Batuapung Hijau pada campuran beton menentukan kuat tekan rata-rata yang akan dicapai. Variasi gradasi yang baik akan menyebabkan “void” (porositas) pada beton sedikit, beton lebih mampat dan padat hingga kuat tekan yang dihasilkan semakin tinggi.
4. Modulus elastisitas beton ditentukan oleh modulus elastisitas agregatnya. Pada beton dengan menggunakan agregat ringan modulus elastisitas yang diperoleh lebih rendah dari beton dengan menggunakan agregat normal.

5. Selisih perhitungan modulus elastisitas beton secara grafis dengan menggunakan rumus empiris adalah sebesar 29,410 % untuk variasi I, 19,739 % untuk variasi II, dan 25,761 % untuk variasi III.

8.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilaksanakan, penulis dapat memberikan beberapa saran yang diharapkan dapat berguna bagi penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Karena dalam penelitian ini belum diperoleh variasi gradasi agregat kasar Breksi Batuapung Hijau yang optimal, maka perlu diteliti lebih lanjut dengan “interval” prosentase variasi yang lebih kecil dari variasi gradasi pada penelitian ini atau penggunaan maksimum agregat yang lebih besar.
2. Selain dari variasi gradasi agregat kasar, dapat juga digunakan variasi fas untuk mendapatkan kuat tekan yang optimal. Jika dianggap perlu dapat digunakan bahan “additive”.
3. Perlu dicoba pengujian agregat Breksi Batuapung Hijau untuk keperluan lain, misalnya campuran aspal beton atau sebagai komponen bangunan yang lain.
4. Perlu diteliti lebih lanjut kekuatan beton ini terhadap peningkatan temperatur dibanding dengan beton dengan agregat kasar yang lain.
5. Perlu diteliti faktor ekonomi penggunaan Breksi Batuapung Hijau sebagai agregat kasar beton ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Antono, A. (1971). *Diktat Teknologi Beton*, FT UGM, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1989). *Tata Cara Perancangan dan Pelaksanaan Konstruksi Beton*, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Jakarta.
- Dewantono dan M. S. Bachri (1996). *Tinjauan Beton Ringan dengan Agregat Kasar Pecahan Breksi Batuapung Semilir Gunung Kidul Terhadap Kuat Tekan dan Berat Jenis*, Skripsi Sarjana S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Ferguson, Phil. M (1986). *Dasar-dasar Beton Bertulang (versi SI)*, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga.
- Gunawan A.Y. dan Yulizar Y.(1987). *Penuntun Praktis Praktikum pada Laboratorium Teknik Sipil*, Dicitak oleh PT. Karya Unipres, Jakarta.
- ~ Kusuma, G. H. dan W.C. Vis (1995). *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Seri beton 1, Penerbit Erlangga.
- Kusnadi, M. (1989). *Teknologi Beton*, Departemen Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.
- Murdock, L.J. dan K.M. Brook (1986). *Bahan dan Praktek Beton*, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- ~ Navy, E.G. (1985). *Beton Bertulang (Suatu Pendekatan Dasar)*, Penerjemah Universitas Katolik Parahyangan, penerbit PT.ERESCO,IKAPI.
- Neville, A. M. (1975). *Properties of Concrete*, Second Edition The English Language Book Society and Pitman Publishing London.
- Nilson, Arthur H. dan George W. (1993). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*, Tim Editor dan Penerjemah ITB, penerbit ITB dan PT. Pradnya Mulya.
- ~ Pemerintah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Dinas Pertambangan (1997). *Breksi Batuapung*.
- Pemerintah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Dinas Pertambangan (1996/1997). *Pekerjaan Pemetaan Mikro Bahan Galian Golongan C di Kecamatan Patuk, Kabupaten Dati II Gunung Kidul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*.
- Sadji (1997). *Agregat Halus dan Kasar*, KURSUS SINGKAT, Teknologi Beton dalam Praktek, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Sagel, R., P. Kole dan Gideon H. K. (1993). *Pedoman Pengerjaan Beton*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Tjokrodimulyo, K. (1992). *Teknologi Beton*, Pusat Antar Universitas (PAU) UGM, Yogyakarta.
- Wang, Chu-Kia dan Charles G. S. (1993). *Desain Beton Bertulang*, Edisi Keempat Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.

LAMPIRAN



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

L-1

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)

AASHTO T96 - 77

Contoh dari : Dati II Gunung Kidul Dikerjakan Oleh :
Jenis Contoh : Breksi Batu Apung Hijau Sukanto & Syamsudin
DI TEST TANGGAL : 9 Desember 1998 DIPERIKSA : Miftahul F, ST.
Untuk Proyek : Penelitian Tugas Akhir

JENIS GRADASI		B	
SARINGAN		BENDA UJI	
LOLOS	TERTAHAN	I	II
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5mm (2,5")	50,8 mm (2")		
50,8mm (2")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
25,4mm (1")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500 Gram	
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/4")	2500 Gram	
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")		
06,3 mm (1/4")	4,75 mm (No 4)		
4,75 mm (No 4)	2,36 mm (No 8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 Gram	
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		2639 Gram	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		47,22 %	

Yogyakarta, 9 Desember 1998

A.n. Kepala Lab Jalan Raya FT. UII



Miftahul Fauziah, ST

Ka.ur. Lab. Jalan Raya.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Phone : 895330 Yogyakarta 68554

HASIL KUAT DESAK SILINDER BETON (5% & 95%)

NO. / / 199

Pengirim :
 Keperluan :
 Benda uji asal :
 Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) Diameter x Tinggi	Luas (cm ²)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (kN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket
1	14,92 x 30,42	174,746	10,6	12-12-98	21-12-98	1,9990	175	102,1192	
2	14,89 x 30,325	174,044	10,5	12-12-98	21-12-98	1,9894	171	100,1875	
3	14,83 x 30,50	172,644	10,5	12-12-98	21-12-98	1,9940	185	109,2688	
4	14,89 x 30,38	174,044	10,5	12-12-98	28-12-98	1,9858	229	134,1692	
5	14,90 x 30,59	174,278	10,5	12-12-98	28-12-98	1,9753	235	137,4998	
6	14,95 x 30,37	175,567	10,6	12-12-98	28-12-98	1,9880	241	140,5560	
7	14,93 x 30,24	174,98	10,3	12-12-98	04-01-99	1,9465	290	168,9994	
8	14,83 x 30,18	172,761	10,4	12-12-98	04-01-99	1,9946	286	168,8099	
9	14,86 x 30,31	173,343	10,4	12-12-98	04-01-99	1,9794	286	168,2423	
10	14,96 x 30,23	175,684	10,5	12-12-98	11-01-99	1,9779	311	180,5712	
11	14,74 x 30,36	170,671	10,3	12-12-98	11-01-99	1,9878	309	184,6188	
12	14,96 x 30,46	175,684	10,5	12-12-98	11-01-99	1,9621	315	182,8329	

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

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

LABORATORIUM

BHINNING KONGSTRUKSI TEKNIK
 Gedung Bagia Lab. BKT.FT III

FAKULTAS TEKNIK

1999



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jl. Kallurang Km. 14,4 Phone : 895330 Yogyakarta 68554

HASIL KUAT DESAK SINDER BETON (15% & 85%)

NO. / / 199

No.	Ukuran (cm) Diameter x Tinggi	Luas (cm ²)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket
1	14,750 x 30,44	170,782	10,3	28-12-'98	05-01-'99	1,9812	189	112,8456	
2	14,965 x 30,53	175,802	10,2	28-12-'98	05-01-'99	1,8966	202	117,1663	
3	14,880 x 30,42	173,810	10,3	28-12-'98	05-01-'99	1,9469	195	114,4085	
4	14,860 x 30,39	173,343	10,4	28-12-'98	12-01-'99	1,9809	260	152,9476	
5	14,800 x 30,57	171,946	10,4	28-12-'98	12-01-'99	1,9804	245	145,2946	
6	14,750 x 30,33	171,259	10,3	28-12-'98	12-01-'99	1,9839	231	132,5491	
7	14,750 x 30,48	170,787	10,4	21-12-'98	12-01-'99	1,9978	309	173,1209	
8	14,860 x 30,32	173,343	10,3	21-12-'98	12-01-'99	1,9572	283	166,4776	
9	14,860 x 30,57	173,343	10,3	21-12-'98	12-01-'99	1,9629	291	171,1836	
10	14,900 x 30,41	174,278	10,5	11-01-'99	09-02-'99	1,9812	329	187,2338	
11	14,760 x 30,66	171,018	10,3	11-01-'99	09-02-'99	1,9643	>11	185,4322	
12	14,890 x 30,5	174,044	10,3	11-01-'99	09-02-'99	1,9403	317	185,7277	

Pengirim :
 Keperluan :
 Benda uji asal :
 Di terima tanggal :

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

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Bagian Lab. BKT.FT. UII
 FAKULTAS TEKNIK UII
 15 Februari 1999



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Phone : 895330 Yogyakarta 68554

HASIL KUAT DESAK SILINDER BETON (30% ± 70%)

NO. / / 199

Pengirim :
 Keperluan :
 Benda uji asal :
 Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) Diameter x tinggi	Luas (cm ²)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket
1	14, 855 x 30, 44	173, 222	10, 5	28-12-'98	05-01-'99	1, 9912	109	117, 7312	
2	14, 965 x 30, 53	175, 807	10, 6	28-12-'98	05-01-'99	1, 9710	191	110, 7865	
3	14, 880 x 30, 42	173, 810	10, 5	28-12-'98	05-01-'99	1, 9850	203	119, 0960	
4	14, 860 x 30, 39	173, 343	10, 4	28-12-'98	12-01-'99	1, 9800	240	141, 1824	
5	14, 899 x 30, 54	174, 044	10, 55	28-12-'98	12-01-'99	1, 9848	250	146, 4730	
6	14, 900 x 30, 33	174, 238	10, 4	28-12-'98	12-01-'99	1, 9625	277	160, 9041	
7	14, 950 x 30, 48	175, 449	10, 4	11-12-'98	12-01-'99	1, 9447	294	179, 0724	
8	14, 860 x 30, 32	173, 343	10, 5	21-12-'98	12-01-'99	1, 9978	300	176, 4700	
9	14, 860 x 30, 27	173, 343	10, 4	21-12-'98	12-01-'99	1, 9820	308	181, 1841	
10	14, 900 x 30, 41	174, 238	10, 5	11-01-'99	09-02-'99	1, 9872	323	188, 9892	
11	14, 880 x 30, 66	173, 810	10, 4	11-01-'99	09-02-'99	1, 9515	320	187, 3375	
12	14, 910 x 30, 40	174, 572	10, 4	11-01-'99	09-02-'99	1, 9603	325	189, 9049	

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

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

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

Februari, 1999

FAKULTAS PERENCANAAN



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Phone : 895330 Yogyakarta 68554

HASIL KUAT TARIK SILINDER BETON (5% 495%)

NO. / / 199

Pengirim : Benda uji asal :
 Keperluan : Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) Diameter x tinggi	Luas (cm ²)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)	Ket
1	14,96 x 30,52	175,684	10,6			1,9769	125	17,7816	
2	14,93 x 30,60	174,789	10,6			1,9796	115	16,3491	
3	14,86 x 30,43	173,343	10,5			1,9905	119	17,0924	
4	14,83 x 30,43	173,644	10,4			1,9796	120	17,2709	
5	14,91 x 30,51	174,572	10,5			1,9720	120	17,1332	

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

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

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Kepala Bagian Lab. BKT.FT. UII
 FAKULTAS TEKNIK UII

15 Februari 1999



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Phone : 895330 Yogyakarta 68554

HASIL KUAT TARIK SILINDER BETON (12% & 85%)

NO. / / 199

Pengirim :
 Keperluan :

Benda uji asal :
 Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) Diameter x tinggi	Luas (cm ²)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)	Ket
1	14,940 x 30,120	175,215	195			1,9895	116	16,5985	
2	14,815 x 30,075	172,295	19,7			1,9877	195	16,7636	
3	14,990 x 30,245	176,390	19,6			1,9869	130	18,6237	
4	14,840 x 30,110	173,877	19,4			1,9979	123	17,8388	
5	14,810 x 30,300	173,179	10,3			1,9743	195	18,0921	

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

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

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Kepala Bagian Lab. BKT.FT. UI

FAKULTAS TEKNIK

15. Pelecutan

1999



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Phone : 895330 Yogyakarta 68554

HASIL KUAT TARIK SILINDER BETON (30% < 70%)

NO. / / 199

Pengirim : Benda uji asal :
 Keperluan : Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) Diameter x tinggi	Luas (cm ²)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)	Ket
1	14,695 x 30,51	169,515	19,3	8661-10-11	09-02-1998	1,9889	120	17,3611	
2	14,910 x 30,66	174,512	19,2			1,9063	125	16,3389	
3	14,910 x 30,44	174,512	19,3			1,9389	120	17,1726	
4	14,830 x 30,35	172,644	19,2			1,9422	125	19,4809	
5	14,830 x 30,51	172,644	19,5			1,9754	120	18,6611	

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

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

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Yogyakarta
 Fakultas Teknik UII

15 Februari 1999
 Kepala Bagian Lab. BKT.FT. UII

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON (5% & 95%)

SILINDER I		SILINDER II		SILINDER III	
Diameter	14,96 cm	14,745 cm	14,96 cm		
Tinggi	30,23 cm	30,36 cm	30,46 cm		
Diuji Tgl					
Umur	28 hari	28 hari	28 hari		

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II
10	15	10
20	25	25
30	35	30
40	45	45
50	60	60
60	75	70
70	90	90
80	105	105
90	115	120
100	130	135
110	145	155
120	165	175
130	185	195
140	205	220
150	220	250
160	245	265
170	250	285
180	275	300
190	310	320
200	310	340
210	325	375
220	340	390
230	355	410
240	370	435
250	395	460
260	410	480
270	435	500
280	465	525
290	495	550
300	530	580
310	710	720
320		
330		
340		
350		
360		
370		
380		
390		
400		

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II
10	10	
20	25	
30	30	
40	45	
50	60	
60	75	
70	90	
80	105	
90	115	
100	130	
110	145	
120	165	
130	180	
140	200	
150	220	
160	240	
170	265	
180	280	
190	300	
200	325	
210	350	
220	375	
230	395	
240	420	
250	445	
260	475	
270	500	
280	530	
290	560	
300	600	
310	750	
320		
330		
340		
350		
360		
370		
380		
390		
400		

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON (15% & 85%)

L-4b

SILINDER I		SILINDER II		SILINDER III	
Diameter	14,9 cm	14,96 cm	14,89 cm		
Tinggi	30,41 cm	30,66 cm	30,5 cm		
Diuji Tgl					
Umur	28 hari	28 hari	28 hari		

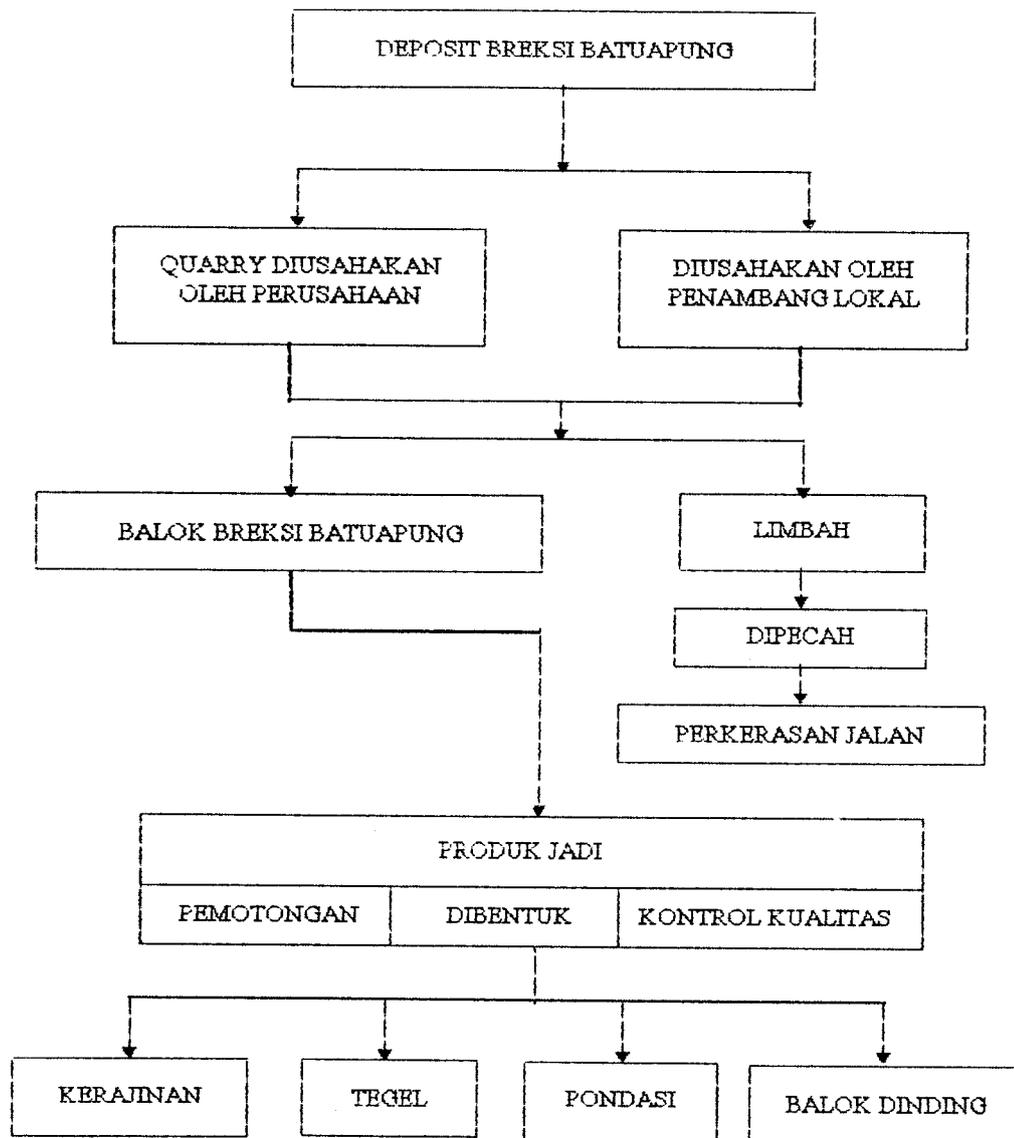
Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder III	Silinder II
10	15	15	10	15	
20	21	26	20	25	
30	32	39	30	35	
40	41	51	40	45	
50	53	64	50	56	
60	65	73	60	71	
70	81	85	70	85	
80	97	105	80	94	
90	109	115	90	109	
100	127	131	100	120	
110	137	145	110	139	
120	150	165	120	151	
130	165	175	130	175	
140	180	190	140	181	
150	200	205	150	195	
160	215	225	160	220	
170	235	240	170	235	
180	255	260	180	255	
190	285	285	190	285	
200	305	301	200	301	
210	325	325	210	325	
220	350	350	220	345	
230	365	370	230	365	
240	385	385	240	380	
250	400	405	250	400	
260	425	430	260	421	
270	450	455	270	445	
280	475	480	280	475	
290	505	510	290	500	
300	535	540	300	530	
310	570	740	310	560	
320	750		320	760	
330			330		
340			340		
350			350		
360			360		
370			370		
380			380		
390			390		
400			400		

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON (30% & 70%) L-4c

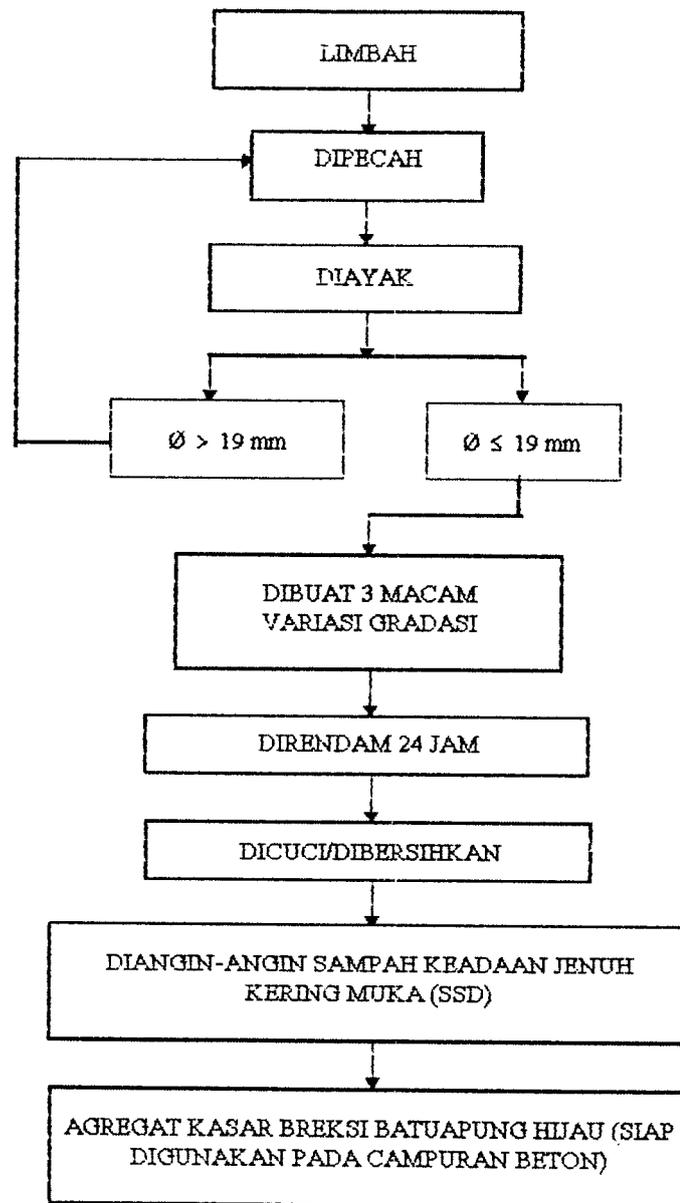
SILINDER I		SILINDER II		SILINDER III	
Diameter	14,09 cm	14,88 cm	14,91 cm		
Tinggi	30,91 cm	30,66 cm	30,4 cm		
Diuji Tgl					
Umur	28 hari	28 hari	28 hari		

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	12	15	10		
20	25	25	20	15	
30	40	35	30	25	
40	55	50	40	35	
50	70	65	50	50	
60	80	75	60	60	
70	90	90	70	70	
80	100	105	80	80	
90	110	115	90	95	
100	125	130	100	110	
110	140	150	110	125	
120	150	165	120	145	
130	170	180	130	165	
140	185	195	140	175	
150	205	205	150	195	
160	225	220	160	210	
170	245	245	170	235	
180	260	260	180	260	
190	285	280	190	290	
200	300	295	200	315	
210	335	310	210	325	
220	350	340	220	340	
230	365	365	230	360	
240	380	375	240	370	
250	395	395	250	385	
260	410	420	260	410	
270	435	420	270	430	
280	465	480	280	460	
290	495	515	290	490	
300	530	545	300	530	
310	580	580	310	580	
320	750	760	320	740	
330			330		
340			340		
350			350		
360			360		
370			370		
380			380		
390			390		
400			400		

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

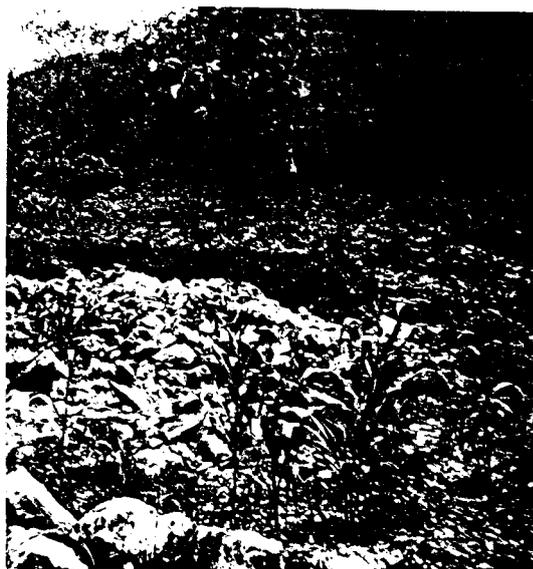


Bagan Alir Produksi Breksi batuapung



Bagan Alir Proses Pengolahan Limbah Breksi Batuapung Hijau Menjadi Agregat Kasar Beton

FOTO PENELITIAN



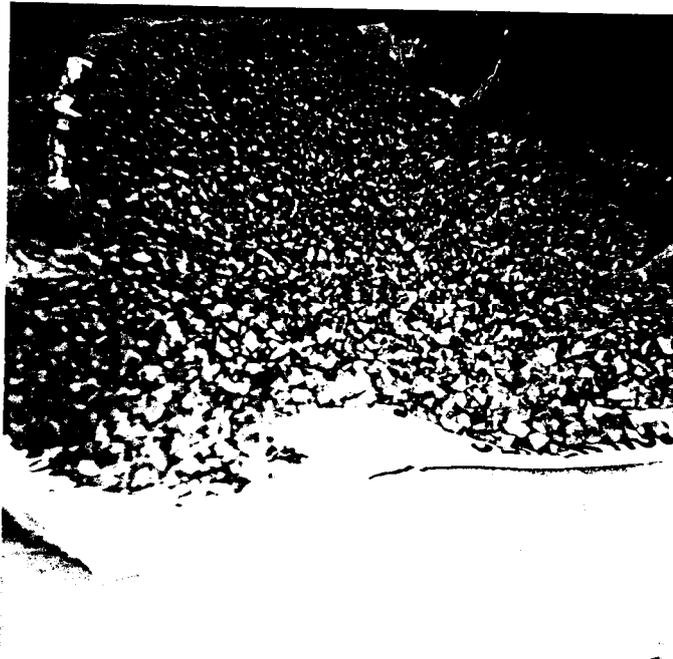
**Gb. 1 Limbah Breksi Batuapung Hijau di Dusun Mongkrong,
Desa Serut, Kec. Patuk, Kab. Gunung Kidul**



Gb. 2 Bongkahan Breksi Batuapung Hijau Sebelum Dipecah



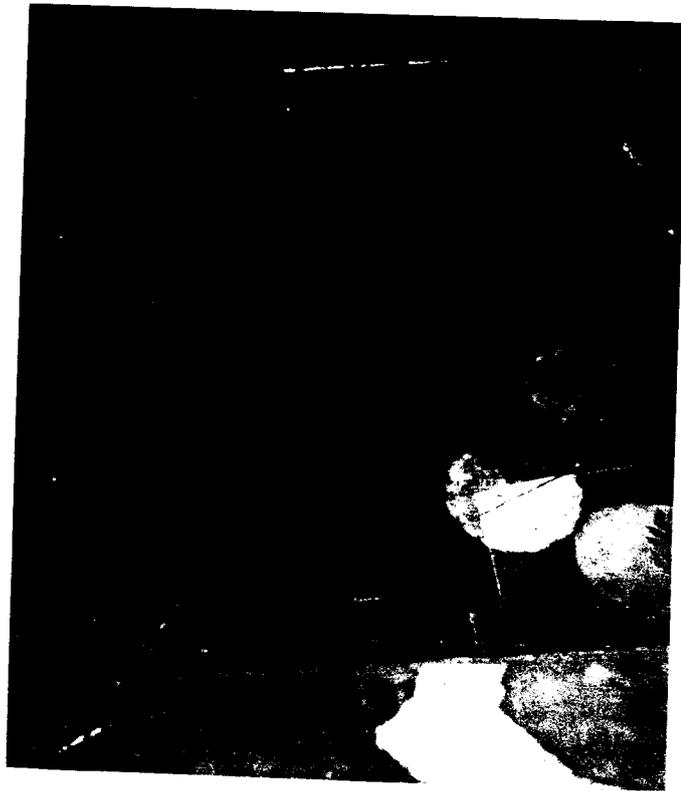
Gb. 3 Perendaman Agregat Breksi Batuapung Hijau



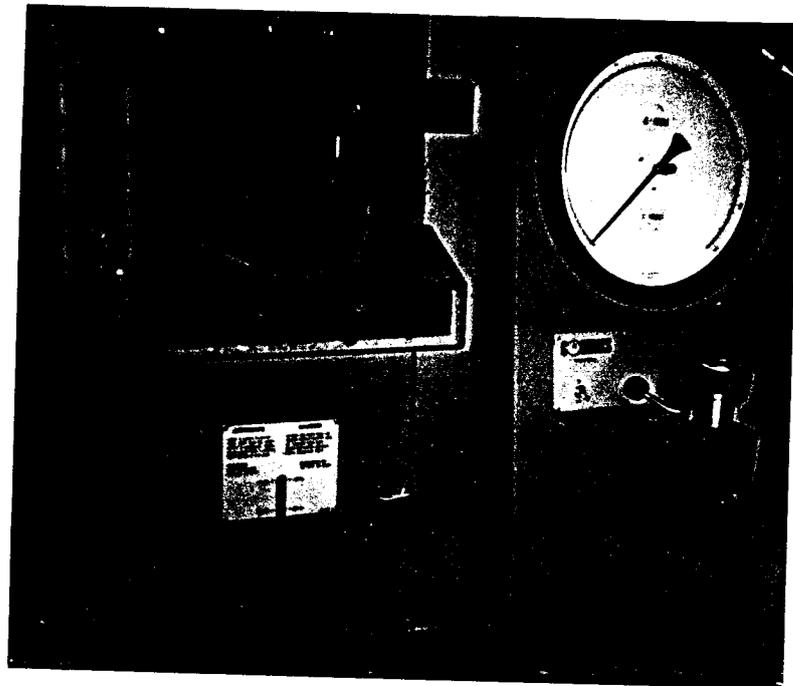
Gb. 4 Agregat Breksi Batuapung Hijau Diangin-anginkan



Gb. 5 Persiapan Bahan Penyusun Beton



Gb. 6 Perawatan / Perendaman Beton



Gb. 7 Pengujian Tarik Belah Beton



Gb. 8 Beton Setelah Diuji Tarik Belah