TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM

ANALISIS KUAT TEKAN BETON RINGAN DENGAN AGREGAT KASAR PECAHAN GENTENG DARI GODEAN SLEMAN YOGYAKARTA

Disusun Oleh :

Banu Rosyid

No. Mhs : 88310044
N I R M : 885014330041

Ahmad Mustofa

No. Mhs : 88310224
N I R M : 885014330191

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

1995

TUGAS AKHIR

ANALISIS KUAT TEKAN BETON RINGAN DENGAN AGREGAT KASAR PECAHAN GENTENG DARI GODEAN SLEMAN YOGYAKARTA

Diajukan Guna Melengkapi Persyaratan Untuk
Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil Pada
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

Disusun Oleh :

Banu Rosyid
No. Mhs : 88310044
N I R M : 885014330041

Ahmad Mustofa
No. Mhs : 88310224
N I R M : 885014330191

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1995

Persembahan

"Kepada Engkau kami mengabdi, dan kepada Engkau kami mohon pertolongan"

"Pimpinlah kami pada jalan yang benar"

(AL-FATIHAH: 4,5)

"Atau adakah orang yang berbakti diwaktu-waktu malam, dengan sujud dan berdiri, dalam keadaan takut kepada ('adzab) Akhirat dan mengharap rahmat Tuhannya itu (sama dengan lainnya) ?, Katakanlah: Apakah sama mereka yang tahu dan mereka yang tidak tahu ?", Tidak mengingat melainkan orang-orang yang mempunyai pikiran"

(AZ-ZUMAR: 9)

Kupersembahkan kepada:

- Ibunda Sri Subani dan Ayahanda M. Djamioni
- Adik adikku tercinta: Imron Rosyid, Isnu Andri A., Erlina A.
- Adikku yang bahagia : Siti Hazaroh & Heru W. (Heti Nur Isnaini)

INTISARI

Beton ringan *(light weight concrete)* dihasilkan dari agregat ringan baik hasil dari alam maupun buatan seperti batu apung, *fly ash , aglite, foamed slag* dan *leca* Beton ringan ini telah banyak dikenal di Eropa, Australia maupun di Amerika untuk keperluan konstruksi. Berat*nya* relatif ringan karena mengandung pori dan banyak menyerap air.

Genteng dari daerah Godean, Sleman, Yogyakarta yang tidak laik jual, dengan tambahan pengerjaan dijadikan pecahan genteng yang distandarkan diharapkan dapat sebagai pengganti agregat kasar campuran beton, sehingga dari bahan yang tidak berguna akan menjadi penunjang bahan konstruksi yang berguna.

Pembuatan gradasi pecahan genteng, perencanaan campuran berdasarkan metode ACI, penentuan faktor air semen (fas) dan nilai *slump* ditentukan berdasar standar dengan memperhatikan kemudahan pengerjaan *(Workability).*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton ringan dengan agregat kasar pecahan genteng dari Godean, Sleman, Yogyakarta, mempunyai berat jenis yang relatif lebih ringan dibanding dengan beton biasa, tetapi memiliki kuat tekan beton yang cukup tinggi, sehingga dapat dipakai sebagai beton konstruksi.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahi robbil 'alamin

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Yang Maha Pengasih, atas segala karunia yang telah dilimpahkan kepada penyusun, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Agregat Kasar Pecahan Genteng dari Godean, Sleman, Yogyakarta.*

Tugas Akhir merupakan kewajiban mahasiswa yang akan menyelesaikan studi strata S1. Tugas Akhir ini juga merupakan tugas penutup dari tugas-tugas sebelumnya guna mencapai gelar sarjana pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini Penyusun banyak mendapat bantuan yang tak ternilai, kiranya tak mungkin penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tanpa bantuan tersebut. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun menghaturkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Unuversitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. Ibnu Sudarmadji, MS, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir,
4. Bapak Ir. A. Kadir Aboe, MS, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir,

5. Bapak Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Kepala Bagian beserta para karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia,
6. Salam Ta'zim dan bakti saya sampaikan kepada Ibunda dan Ayahanda tercinta,
7. Rekan-rekan yang tak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan selama penyusunan sampai keikut-sertaannya dalam seminar.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan Bapak, Ibu serta Saudara semua mendapat balasan dari Allah SWT.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini dengan segala keterbatasan ilmu dan wawasan serta masih dangkalnya pengalaman, tentunya akan ditemukan banyak kekurangan. Dengan segala keterbukaan segala koreksi yang dapat memperbaiki laporan ini akan penyusun terima dengan senang.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, April 1995

Penyusun

Ahmmad Mustofa

Banu Rosyid

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL i

LEMBAR PENGESAHAN ii

INTISARI iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR NOTASI viii

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL x

DAFTAR LAMPIRAN xii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Dan Batasan Masalah 2

1.3. Tujuan Penelitian 3

1.4. Manfaat Penelitian 3

1.5. Lingkup Penelitian 3

1.6. Metodologi Penelitia 4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum 5

2.2. Agregat Ringan 6

2.2.1. Agregat Alami 6

2.2.2. Agregat Buatan 7

2.3. Pengaruh Sifat-sifat Agregat Ringan Dalam Campuran 9

2.4. Rencana Campuran (Mix Design) 10

BAB III. LANDASAN TEORI

3.1. Beton 12

3.1.1. Semen 12

3.1.2. Agregat 15

3.1.3. Air 19

3.2. Kuat Tekan Beton 20
3.3. Kuat Tekan Beton Ringan 21
3.4. Rencana Campuran menurut ACI 24

BAB IV. PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN

4.1. Umum 27
4.2. Persiapan Bahan 27
4.3. Pemeriksaan Agregat Halus 28
4.3.1. Pemeriksaan Kadar Lumpur 28
4.3.2. Pemeriksaan Kandungan Zat Organik 28
4.3.3. Analisis Saringan Dan Modulus Halus Butir Butir (MHB) 29
4.3.4. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Absorbsi Agregat Halus 31
4.4. Pemeriksaan Agregat Kasar 31
4.4.1. Analisis Saringan Dan Modulus Halus Butir (MHB) 32
4.4.2. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Absorsi 33
4.4.3. Pemeriksaan Ketahanan Aus (Abrasi) 34
4.5. Pembuatan Benda Uji 34

BAB V. ANALISIS HASIL PENELITIAN

5.1. Analisis Karakteristik Beton 42
5.2. Hasil Pengujian 59
5.3. Pembahasan 60

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan 67
6.2. Saran 68

PENUTUP 69

DAFTAR PUSTAKA 70

LAMPIRAN 71

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Grafik 2.1. Berat Jenis Beton Ringan Dari Beberapa Agregat Ringan 9

Grafik 2.2. Batas-batas Gradasi Agregat Kasar Menurut ASTM Standard C33-71a 10

Grafik 4.1. Grafik Hasil Pemeriksaan Pasir Kali Progo 31

Grafik 4.2. Hasil Gradasi Agregat Kasar Pecahan Genteng 32

Grafik 5.1. Hubungan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari Dengan FAS Pada Beton Normal 61

Grafik 5.2. Hubungan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari Dengan FAS (beton benda uji) 62

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1. Jenis-jenis Semen Portland 13

Tabel 3.2. Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Umur 23

Tabel 3.3. Kuat Tekan Beton Pada Berbagai FAS 25

Tabel 3.4. Volume Agregat Tiap Satuan Volume Adukan Beton 25

Tabel 3.5. Volume Air Yang Diperlukan Tiap m^3 Adukan Beton Untuk Berbagai Slump dan Ukuran Maksimum Agregat 26

Tabel 4.1. Hasil Analisis Saringan Agregat Halus 29

Tabel 4.2. Hasil Analisis Pengujian Gradasi Agregat Halus 30

Tabel 4.3. Hasil Analisis Gradasi Agregat Kasar 32

Tabel 4.4. Hasil Gradasi Agregat Kasar Dibandingkan Dengan Syarat ASTM C33-71a 33

Tabel 4.5. Daftar Kebutuhan Bahan 35

Tabel 4.6. Campuran I, FAS 0.45 35

Tabel 4.7. Campuran II, FAS 0.50 36

Tabel 4.8. Campuran III, FAS 0.55 36

Tabel 4.9. Campuran IV, FAS 0.60 36

Tabel 4.10. Campuran V, FAS 0.65 37

Tabel 4.11. Campuran VI, FAS 0.55 (+10%) 37

Tabel 4.12. Campuran VII, FAS 0.55 (-10%) 37

Tabel 4.13. Hasil Uji Kubus Beton FAS 0.45 38

Tabel 4.14. Hasil Uji Kubus Beton FAS 0.50 38

Tabel 4.15. Hasil Uji Kubus Beton FAS 0.55 39

Tabel 4.16. Hasil Uji Kubus Beton FAS 0.60 39

Tabel 4.17. Hasil Uji Kubus Beton FAS 0.65 40

Tabel 4.18. Hasil Uji Kubus Beton FAS 0.55 (+10%) 40

Tabel 4.19. Hasil Uji Kubus Beton FAS 0.55 (-10%) 41

Tabel 5.1. Karakteristik Beton FAS 0.45 45

Tabel 5.2. Karakteristik Beton FAS 0.50 47

Tabel 5.3. Karakteristik Beton FAS 0.55 49

Tabel 5.4. Karakteristik Beton FAS 0.60 51

Tabel 5.5. Karakteristik Beton FAS 0.65 53

Tabel 5.6. Karakteristik Beton FAS 0.55 (+10%) 55

Tabel 5.7. Karakteristik Beton FAS 0.55 (-10%) 57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.a. Pemeriksaan bahan batuan agregat halus

Lampiran 1.b. Pemeriksaan bahan batuan agragat kasar

Lampiran 2. Faktor Konversi Beton Ringan Hasi Uji Umur 7 Hari Dan Umur 21 Hari Dibandingkan Dengan Faktor Konversi PBI 1971-NI2

Lampiran 3. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar (Abrasi Test) AASHTO T96-77

Lampiran 4.a. Hasil Uji Kuat Desak Kubus Beton Umur 7 Hari

Lampiran 4.b. Hasil Uji Kuat Desak Kubus Beton Umur 7 Hari

Lampiran 5.a. Hasil Uji Kuat Desak Kubus Beton Umur 21 Hari

Lampiran 5.b. Hasil Uji Kuat Desak Kubus Beton Umur 21 Hari

Lampiran 6.a. Hasil Uji Kuat Desak Kubus Beton Umur 28 Hari

Lampiran 6.b. Hasil Uji Kuat Desak Kubus Beton Umur 28 Hari

Lampiran 7. Hubungan Kuat Tekan Beton Ringan Umur 7 Hari Dengan Faktor Air Semen (FAS)

Lampiran 8. Hubungan Kuat Tekan Beton Ringan Umur 7 Hari Dengan Faktor Air Semen (FAS)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton adalah bahan buatan hasil campuran antara agregat kasar, agregat halus dan pengikat hidrolik dan dengan atau tanpa bahan tambah.[1] Beton merupakan bahan struktur yang luas penggunaannya karena materialnya mudah didapat, mudah dibentuk dan harganya relatif murah. Agregat kasar sebagai campuran beton dapat berupa kerikil sebagai disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari mesin pemecah batu. Agregat halus dapat berupa pasir alam sebagai disintegrasi alami batu-batuan atau berupa pasir buatan, sedangkan bahan pengikat pokok terdiri dari campuran air semen dan air yang biasa disebut pasta semen.

Kelemahan beton sebagai bahan konstruksi adalah heterogen, memerlukan waktu yang lama untuk mengeras dan berat jenisnya yang besar. Oleh karena itu upaya untuk menurunkan berat jenis beton adalah wajar, agar beton sebagai bahan konstruksi dapat lebih luas penggunaannya.

Faktor utama yang mempengaruhi berat jenis beton adalah berat jenis agregatnya, baik agregat kasar maupun agregat halus. Pada Umumnya jumlah agregat kasar dalam beton mempunyai prosentase yang dominan. Oleh karena itu agar diperoleh berat jenis beton yang lebih ringan dari berat jenis beton normal, yaitu dengan mengganti agregat kasar yang umum dipakai berupa kerikil atau batu pecah dengan

material lain yang mempunyai berat jenis yang lebih ringan.

Di daerah Godean kabupaten Sleman Yogyakarta, banyak terdapat pabrik genteng yang setiap bulannya memproduksi genteng yang siap dipasarkan dan genteng yang gagal karena rusak atau pecah yang jumlahnya berkisar 5 - 10 % dari setiap produksinya. Genteng yang tidak layak jual karena cacat pecah, tidak utuh dan retak dengan tambahan pekerjaan dijadikan pecahan-pecahan genteng yang distandarkan dapat dipakai sebagai pengganti agregat kasar campuran beton. Dengan demikian pecahan genteng yang sebelumnya merupakan sisa bahan yang tidak berguna dan mengganggu lingkungan karena tidak dapat didaur ulang akan menjadi penunjang bahan konstruksi yang dapat diandalkan. Diharapkan akan dihasilkan suatu bahan konstruksi beton yang lebih ringan dibanding beton biasa serta murah karena menggunakan pecahan genteng yang tidak berguna dan yang mengganggu lingkungan, khususnya pada daerah di sekitar produksi.

1.2. Rumusan Dan Batasan Masalah

Sesuai dengan judul : *"Analisis Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Agregat Kasar Pecahan Genteng Dari Godean Sleman"*, maka rumusan masalah yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini adalah :

a. Sampai sejauh manakah kuat tekan yang dihasilkan pada beton dengan menggunakan agregat kasar pecahan genteng sebagai pengganti kerikil/split.

b. Sampai sejauh manakah berat jenis yang dihasilkan pada beton yang menggunakan agregat kasar pecahan genteng.

Pembatasan penelitian ini akan dibatasi pada peninjauan kuat tekan kubus-kubus beton dengan beberapa jenis faktor air semen (fas).

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh penggunaan pecahan genteng dari Godean dengan variasi faktor air semen terhadap kuat tekan beton.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk pengembangan ilmu pengetahuan bidang bahan struktur, khususnya struktur beton yaitu mencari alternatif agregat kasar lain selain batu pecah atau kerikil alam.
Dari penelitian ini diharapkan ada tindak lanjut, baik pengembangan penelitian maupun aplikasi dari hasil penelitian ini.

1.5. Lingkup Penelitian

a. Dalam penelitian ini diharapkan beton yang dihasilkan adalah beton untuk konstruksi yaitu dengan kuat tekan berkisar antara 175 - 225 kg/cm^2 yang empiris dengan beton ringan jenis *"LECA"*.

b. Agregat yang digunakan untuk campuran beton adalah agregat pecahan genteng dari Godean yang lolos saringan 4.75 - 38.1 mm, yang dibagi dalam 3 fraksi.[2]

c. Desain campuran beton dilaksanakan menggunakan metode ACI dengan variasi faktor air semen. Dengan membandingkan penelitian satu dengan lainnya dan diambil nilai kuat tekan beton yang paling maksimal.

d. Digunakan semen portland tipe I merek Nusantara, agregat pasir dari kali Progo, dan air dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

e. Pengujian dilaksanakan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

1.6. Metodologi Penelitian

a. Penelitian ini merupakan studi eksperimental.

b. Benda uji beton untuk setiap campuran terdiri dari 3 buah kubus beton ukuran 15 x 15 x 15 cm, masing-masing dengan variasi fas 0.45, 0.50, 0.60 dan 0.65, desain awal dengan fas 0.55.

c. Pengujian tekan beton dilaksanakan pada saat benda uji berumur 7, 21 dan 28 hari.

d. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain: Cetakan Kubus, oven, bak pengaduk beton kedap air, satu set alat pemeriksaan slump, mesin Los Angeles, mesin uji desak beton, timbangan, kaliper dan peralatan bantu lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Dari bahan agregat-agregat ringan banyak dipakai untuk menghasilkan beton ringan *(Light Weight Concrete)* yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti dipakai sebagai penyekat, sebagai bahan pengisi yang mempunyai kekuatan menengah dan untuk penggunaan elemen struktur.

Penggunaan yang terakhir ini dikenal sebagai beton struktur beragregat ringan dan didefinisikan sebagai beton yang pada usia 28 hari mempunyai kekuatan tekan lebih besar dari 175 kg/cm^2. Kekuatan tekan rencana biasanya berkisar antara 210 sampai 280 kg/cm^2.

Beton ringan mempunyai berat jenis antara 300 sampai 1850 kg/m^3 atau lebih.

Beton ringan dibedakan dalam 3 (tiga) kelompok :[3].

1. Beton ringan dengan berat jenis rendah yaitu kurang dari 800 kg/m^3 terutama dipakai sebagai isolasi.
2. Beton ringan berkekuatan menengah dengan berat jenis berkisar antara 960 sampai 1360 kg/m^3, dan berkekuatan antara 70 sampai 175 kg/cm^2. Beton rimgan ini dipakai sebagai pengisi misalnya pada panel-panel lantai baja berukuran ringan.
3. Beton ringan struktur, dengan berat jenis berkisar antara 1440 sampai 1920 kg/m^3 dan kekuatan tekannya sama besarnya dengan kekuatan beton biasa.

2.2. Agregat Ringan

Agregat ringan dibedakan dalam 2 (dua) kelompok yaitu agregat alami dan agregat buatan.[2]

2.2.1. Agregat Alami

Agregat alami adalah agregat yang langsung dihasilkan dari alam misalnya batu-batuan yang dihasilkan dari gunung berapi yaitu batu apung *(pumice), scoria, vulcanic cinder.* Agregat alami ini hanya ditemukan dibeberapa wilayah atau daerah tertentu, jadi penggunaannya kurang meluas.
Beberapa jenis agregat ringan yang sering dipakai adalah sebagai berikut :

a. Batu Apung

Batu apung adalah hasil proses letusan vulkanik, berpori tinggi, dengan berat jenis antara 500 sampai 900 kg/m^3. Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis 700 sampai 1400 kg/m^3. Adapun jenis batu apung ini adalah *pumice* dan *scoria.*

b. *Perlite*

Perlite adalah batu kaca vulkanik yang ditemukan di Italia dan Amerika juga mungkin ditemukan didaerah lain dengan nama yang lain. Batu *Perlite* ini merupakan batuan yang berpori tinggi dengan berat jenis antara 30 sampai 240 kg/m^3. Beton yang dihasilkan mempunyai kekuatan rendah, oleh karena itu penggunaannya terbatas hanya sebagai beton pengisi.

c. *Vermiculite*

Vermiculite seperti perlite yang dihasilkan dengan bahan seperti mika berbentuk pipih dengan berat jenis antara 80 sampai 130 kg/m^3, banyak terdapat di Amerika Serikat dan Afrika.

2.2.2. Agregat Buatan

Agregat buatan sering diberi nama sesuai dengan nama perusahaan yang memproduksinya atau bahan dasar yang digunakan termasuk dalam kelompok ini adalah *Aglite, Leca, Fly Ash, Foamed Slag* dan lain-lain.

Jenis agregat ringan buatan yang sering dipakai antara lain:

a. *LECA (Light Weight Expanded Clay)*

LECA adalah hasil dari tanah liat yang dikembangkan dengan cara dipanaskan sekitar 1000^o sampai 1200^{o}C. Bahan yang dihasilkan berbentuk bulat keras tetapi ringan karena di dalamnya berpori. Berat jenis berkisar antara 650 sampai 900 kg/m^3, sedangkan beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis sampai 1800 kg/m^3.

b. *Aglite, Lytag*

Aglite adalah hasil dari batu kapur yang dibakar sampai sekitar 1400^{o}C. Butiran yang dihasilkan berbentuk pecahan berpori yang lebih ringan dibanding *LECA,* berat jenis sekitar 800 kg/m^3, di Eropa Timur batu sejenis ini dinamakan *Agloporite* atau *Keramzite.*

Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis antara 1400 sampai 1800 kg/m^3. Agregat ringan yang semacam dengan ini dikenal dengan sebutan *Lytag,* yang dihasilkan dari pembutiran *Fly Ash.*

c. *Foamed Slag*

Foamed Slag dihasilkan dari pemadaman bara api yang berasal dari tanur yang memproduksi besi tuang dengan proses pancar air, mudah pecah dan bentuknya seperti batu apung. Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis antara 950 sampai 1750 kg/m^3.

d, *Fly Ash*

Fly Ash adalah bahan sisa yang diperoleh dari pembakaran bubuk batu waktu proses menjadi kapur. Bentuk batu *Fly Ash* tidak teratur dapat bulat dengan ukuran yang bervariasi, berpori, berwarna coklat atau hitam.

Fly Ash diproduksi sejak awal tahun 1950 dan jika dipakai sebagai agregat beton, kuat tekan yang dihasilkan sekitar 415 kg/cm^2.

e. *Clinker* dan *Breeze*

Clinker dihasilkan dari sisa pembakaran yang sempurna dari dapur api industri pada suhu tinggi.

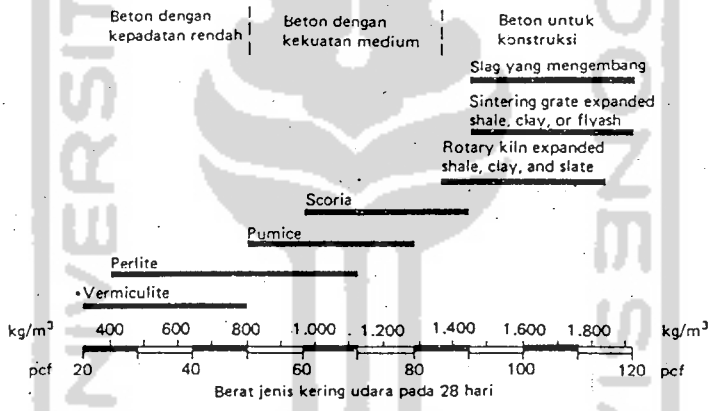
Clinker mempunyai massa yang mengeras dan berinti serta berisi sedikit bahan yang mudah terbakar. Di Amerika Serikat batuan ini dikenal dengan nama *Cinder*.

Sedangkan *Breeze* merupakan bahan residu yang kurang keras dan baik pembakarannya, oleh karenanya lebih banyak terisi bahan yang mudah terbakar. Berat jenisnya berkisar antara 1100 sampai 1400 kg/m^3. Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis antara 1750 kg/cm^3 sampai 1850 kg/m^3.

2.3. Pengaruh Sifat-sifat Agregat Ringan Dalam Campuran

Sifat-sifat agregat ringan adalah berpengaruh dalam penentuan perbandingan campuran yang akhirnya juga akan mempengaruhi sifat-sifat beton yang dihasilkan.
Beberapa sifat terpenting termasuk berat jenis, bentuk butiran, karakteristik, penyerapan air dan gradasi.

Berat jenis beton kering yang dihasilkan dari berbagai jenis agregat ringan dapat dilihat pada diagram berikut ini.



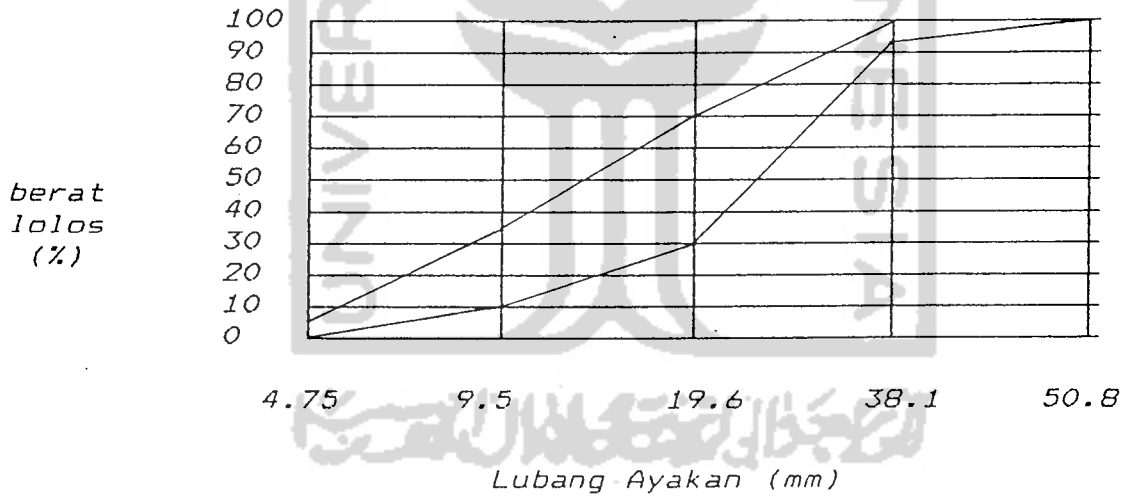
Grafik 2.1. Berat Jenis Beton Ringan Dari Beberapa Agregat Ringan [4]

Kerapatan beton yang dihasilkan sangat tergantung dari kerapatan agregat. Berat jenis agregat bermacam-macam, tergantung dari tipe agregat dan cara pembuatannya, gradasi pecahan yang lebih kecil mempengaruhi beton ringan baik dalam perbandingan campuran maupun dalam pemadatan betonnya. Beberapa agregat rngan mempunyai susunan bentuk butiran dari bulat sampai tak teratur.

Agregat ringan dalam campuran beton akan menyerap air yang relatif 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 pecahan genteng menurur ASTM Standard C33-71a, diperlihatkan dalam grafik berikut.



Grafik 2.2. Batas-batas Gradasi Agregat Kasar menurut ASTM Standard C33-71a.[2]

2.4. Rencana Campuran (Mix Design)

Untuk merencanakan perbandingan campuran beton umumnya didasarkan pada hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (fas). Dari kuat tekan yang direncanakan diperoleh nilai faktor air semen. Disini membuktikan bahwa kuat tekan tergantung pada perbandingan antara air dan semen serta agregat ringan yang digunakan dalam campuran.

Pada penelitian ini digunakan rencana campuran menurut metode ACI. Dengan melaksanakan percobaan campuran beton menggunakan agregat kasar pecahan genteng dari Godean, diharapkan kuat tekan yang dihasilkan sesuai dengan kuat tekan rencana.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat.[1] Beton terdiri atas material-material penyusun yaitu :

3.1.1. 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 ini dapat diterapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan jadi yang mengeras dengan adanya air dan dinamakan semen hidrolis.

Semen semacam ini terdiri dari silikat dan lime yang terbuat dari batu kapur dan tanah liat (batu tulis) yang digerinda, dicampur, dibakar didalam pembakaran kapur (kiln), dan kemudian dihancurkan menjadi tepung. Semen semacam ini secara kimia dicampur dengan air (*hydration*) untuk membentuk massa yang mengeras. Semen hidrolik yang biasa dipakai untuk beton bertulang dinamakan semen portland, karena setelah mengeras mirip dengan batu portland yang diketemukan di dekat Dorset, Inggris. Nama ini diawali dengan sebuah hak paten yang diperoleh oleh Joseph Aspdin dari Leeds, Inggris, pada tahun 1824.

Beton yang dibuat dengan semen portland umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup agar acuan dapat dibongkar dan beban-beban mati serta konstruksi dapat dipikul. Kekuatan rencana dari beton yang demikian dicapai di dalam waktu sekitar 28 hari. Semen portland biasa ini diidentifikasikan oleh ASTM C150 [8] sebagai tipe I. Tipe-tipe lain dari semen portland berikut penggunaannya dicantumkan dalam tabel 3.1.[4]

Tabel 3.1. Jenis-jenis Semen Portland

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

Juga terdapat beberapa kategori dari campuran semen hidrolis (ASTM C595), seperti semen bara portland yang dikeringkan dalam dapur api, semen portland-pozzolan, semen bara, semen portlan yang dimodifisir, dan semen portland yang dimodifisir dengan bara.

Semen portland bara yang dikeringkan dalam dapur api mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan semen biasa dari tipe I dan digunakan untuk konstruksi beton masif seperti bendungan, dan oleh karenanya daya lawannya yang tinggi terhadap sulfat, lazim digunakan untuk konstruksi di dalam air.

Semen portland-pozzolan adalah campuran dari semen tipe I biasa dengan pozzolan.Semen campuran dengan pozzolan ini memperoleh kekuatan yang lebih lambat dibandingkan dengan semen yang tanpa pozzolan, dan mengeluarkan suhu yang lebih rendah sewaktu hidrasi, dengan demikian dipakai secara meluas untuk konstruksi beton yang masif.[4]

Adapun fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Semen mengisi kira-kira 10% dari volume beton.[5]

Apabila semen dicampur dengan air dan membentuk suatu adukan yang halus, bahan tersebut lambat laun akan mengeras sampai menjadi padat. Proses ini dikenal sebagai proses pemadatan dan pengerasan.

Semen dikatakan telah memadat apabila telah mencapai kekakuan yang cukup untuk memikul suatu tekan tertentu yang diberikan, setelah itu ia akan berproses terus untuk suatu jangka waktu yang cukup lama hingga mengeras, yaitu untuk mendapatkan kekuatan yang lebih besar. Air di dalam adukan melarutkan material pada permukaan butir-butir semen dan membentuk suatu koloida yang secara berangsur-angsur bertambah volumenya dan kekakuannya. Proses ini menyebabkan terjadinya suatu proses pengakuan yang cepat dari adukan yaitu, 2 sampai 4 jam setelah air dicampur dengan semen. Proses hidrasi akan terus berlangsung lebih dalam kedalam butir-butir semen, dengan kecepatan yang makin lama makin berkurang, sesuai dengan berlangsungnya suatu proses pengakuan dan pengerasan dari massa tersebut.

Pada beton biasa, semen mungkin tidak pernah mengalami proses hidrasi secara lengkap. Struktur koloida dari adukan yang mengeras tampaknya merupakan alasan utama terjadinya perubahan volume pada beton yang disebabkan oleh variasi kelembaban yang ada, seperti terjadinya penyusutan pada beton waktu mengering.

Agar terjadi proses hidrasi secara lengkap pada sejumlah semen, menurut H.Rusch, secara kimiawi diperlukan jumlah air yang beratnya kurang lebih 25 % dari berat semen tersebut. Namun demikian dalam hal ini diperlukan suatu tambahan air sebanyak 10 % - 15 %, untuk memungkinkan gerak dari air dalam adukan semen selama berlangsungnya proses hidrasi sehingga air tersebut bisa tercampur merata dengan partikel-partikel semen. Hal ini membuat perbandingan berat minimum air terhadap semen adalah 0.35 - 0.45.
Kekuatan dari adukan yang telah mengeras akan berkurang dan berbanding terbalik terhadap volume total yang diisi oleh pori-pori. Dapat dinyatakan dengan cara lain, kekuatan tersebut akan bertambah dan berbanding lurus dengan bagian volume yang padat, sebab hanya bagian yang padat saja, bukan bagian yang berongga, yang akan memikul tegangan. Inilah sebabnya mengapa kekuatan dari adukan semen terutama sekali tergantung pada penambahan dari perbandingan air-semen.[3]

3.1.2. 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. Agregat pada umumnya diklasifikasikan sebagai agregat halus dan agregat kasar.[3]

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara almi dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 5.0 mm.[6]

Pasir alam dapat digolongkan menjadio 3 macam yaitu :[5]

a. Pasir Galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam, tapi biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan di cuci terlebih dahulu.

b. Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butiran agak kurang karena bentuk butir yang bulat.

c. Pasir Laut

Pasir laut ialah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek, karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Oleh karena itu pasir laut sebaiknya jangan dipakai.

Sedangkan agregat halus atau pasir buatan diperoleh dengan cara memecah batu menjadi berukuran butiran yang diinginkan.

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran 5 - 40 mm.[6] Agregat kasar dibedakan berdasarkan berat jenisnya yaitu agregat normal, agregat berat, dan agregat ringan.[5]

a. Agregat Normal

Agregat normal ialah agregat yang berat jenisnya antara 2.5 - 2.7 gr/cm^3, agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2.3 gr/cm^3.

b. Agregat Berat

Agregat berat ialah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2.8gr/cm^3 , misalnya Magnetik (Fe_3O_4), Barytes ($BaSO_4$), atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan juga mempunyai berat jenis tinggi sampai 5, digunakan sebagai dinding pelindung sinar radiasi sinar X.

c. Agregat Ringan

Agregat ringan ialah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2.0 gr/cm^3 yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya ialah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih kecil.

Pada agregat kasar harus terpenuhi gradasi yang baik. Apabila butir-butir agregat mempunyai gradasi yang sama atau seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kepampatannya tinggi.

Pada agregat untuk pembuatan mortar atau beton diinginkan butiran yang kepampatannya tinggi, karena volume porinya sedikit dan ini berarti hanya membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula.

Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :[5]

a. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut.

   Ukuran kekuatan agregat dapat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus *(Abration Test)* menggunakan mesin uji Los Angeles atau bejana Rudellof, dimana syarat maksimum bagian yang hancur lolos ayakan 1.7 mm adalah 50%.

b. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0.075 mm. Pada agregat halus jumlah kandungan kotoran ini harus tidak lebih dari 5%, sedangkan pada agregat kasar kandungan kotoran ini dibatasi sampai maksimum 1%. Jika agregat mengandung kotoran lebih dari batas-batas maksimum tersebut maka harus di cuci terlebih dahulu sebelum dipakai.

c. Tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.

d. Tidak mengandung zat organik

e. Mempunyai variasi besar butir *(gradasi)* yang baik sehingga rongganya sedikit. Untuk pasir Modulus Halus Butir (MHB) berkisar antara 1.5 - 3.8, sehingga hanya memerlukan pasta semen yang sedikit.

f. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca.

g. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, agregat harus punya tingkat reaktif yang negatif terhadap alkali.

h. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20% dari berat keseluruhan.

3.1.3. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 30% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0.35, kelebihan air ini yang dipakai sebagai pelumas. Akan tetapi tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja 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.

Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula sebagai 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 dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling. Kekuatan beton dan daya tahannya berkurang jika air mengandung kotoran, sehingga berpengaruh pada beton diantaranya pada lamanya waktu ikatan awal adukan beton, serta kekuatan betonnya setelah mengeras.

Dalam pemakaian air untuk beton, sebaiknya air memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

a. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
c. Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.
d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

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

3.2. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air-semen dan tingkat pemadatannya, faktor-faktor tersebut antara lain :[4]

a. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
b. Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat.

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

c. Efisiensi peralatan *(Curing)*.

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

d. Faktor umur.

Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun.

e. Mutu agregat

Pada kenyataannya kekuatan atau ketahanan aus *(Abrasi)* agregat kasar, besar pengaruhnya terhadap kuat tekan beton.

3.3. Kuat Tekan Beton Ringan

Untuk meninjau kuat tekan pada beton ringan dengan agregat kasar pecahan genteng dari Godean, diperlukan beberapa peninjauan yang mempengaruhi kuat tekannya, seperti agregat, kandungan semen dan faktor air semen (fas), perbandingan campuran dan *slump* tanpa meninggalkan kemudahan pengerjaan *(workability)* dilapangan.

Agregat kasar yang dipakai adalah pecahan genteng dari Godean yang tidak layak jual sebagai pengganti kerikil/split dalam beton biasa. Bahan baku genteng ini berasal dari tanah liat *(clay)* di daerah sekitar produksi dengan melalui proses pengerjaan, pencetakan, pengeringan dan pembakaran.

Agregat ringan yang sejenis dengan pecahan genteng ini adalah *LECA (Lightweight Expanded Clay Aggregate)* karena bahan dasarnya sama yaitu tanah liat *(clay)* serta proses pengerjaannya yang sama yaitu dibakar.

Agregat kasar walaupun hanya sebagai bahan pengisi akan tetapi sangat berpengaruh terhadap sifat beton, sehingga pemilihan batuan agregat kasar merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton.[5]

Pemilihan batuan agregat kasar ini meliputi jenis batuan, gradasi dan ukuran maximum. Gradasi agregat yang dipakai menurut ASTM Standard C33-71a. Dalam setiap campuran adukan beton dipakai gradasi agregat kasar yang sama.

Faktor Air Semen (FAS) adalah perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran adukan beton. Kekuatan dan kemudahan pengerjaan campuran adukan beton sangat dipengaruhi oleh jumlah air campuran yang dipakai. Semakin kecil nilai FAS semakin besar kuat tekannya, akan tetapi semakin sulit tingkat pengerjaan campurannya. Agregat halus dipakai pasir alam dan disesuaikan dengan spesifikasi gradasi agregat halus ASTM standard C330-80.

Campuran beton dengan agregat ringan, perbandingan antara air dan semen harus memperhatikan jumlah air yang diserap oleh agregat ringan tersebut. Oleh karena itu sebelum pencampuran dilaksanakan langkah yang tepat adalah membuat agregat *ssd* terlebih dahulu, hal tersebut juga akan mempengaruhi tingkat pengerjaan.

Pemadatan campuran beton secara sempurna perlu diperhatikan dengan maksud untuk menghindari adanya kandungan udara dalam beton secara berlebihan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kepadatan beton antara lain gradasi agregat kasar, nilai *slump* serta cara pemadatan dengan mengesampingkan kemudahan pengerjaan.

Didalam penelitian ini pada desain awal diambil nilai *slump* 7 atau lebih serta cara pemadatan yang standar.

Untuk mendapatkan kuat tekan beton karakteristik harus diperhatikan faktor bentuk dan umur benda uji. Oleh karena benda uji yang digunakan adalah kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm, maka faktor bentuknya adalah 1. Sedangkan perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur terhadap beton yang berumur 28 hari dapat dilihat menurut tabel 3.2.

Tabel 3.2. Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Umur [8]

Umur Beton (Hr)	3	7	14	21	28	90	365
PC Biasa	0.40	0.65	0.88	0.95	1.0	1.2	1.35
PC Dg Kekuatan awal tinggi	0.55	0.75	0.90	0.95	1.0	1.15	1.20

Penyebaran dari hasil-hasil kuat tekan akan kecil atau besar tergantung pada tingkat kesempurnaan dari pelaksanaannya. Dengan menganggap nilai-nilai dari hasil pemeriksaan tersebut menyebar normal. Ukuran nilai penyebaran hasil pemeriksaan tersebut juga merupakan mutu pelaksanaan, nilai penyebaran ini adalah deviasi standar.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (\sigma b' - \sigma' bm)^2}{N - 1}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.1)$$

Dimana : S = Deviasi standar (kg/cm^2)

$\sigma b'$ = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm^2)

$\sigma'bm$ = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm^2)

$$= \frac{\sum_{1}^{N} \sigma b'}{N} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.2)$$

N = Jumlah benda uji

Sedangkan rumus untuk tegangan beton karakteristik :

$$\sigma'bk = \sigma'bm - 1.64\ S \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.3)$$

3.4. Rencana Campuran Menurut ACI

The American Concrete Institute (ACI) menyarankan suatu cara perencanaan campuran yang memperhatikan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan serta kuat tekan yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air permeter kubik adukan beton menenukan tingkat konsistensi atau kekentalan adukan tersebut.[5]

Dalam penelitian ini direncanakan beton ringan struktural, sehingga kuat tekan beton yang diharapkan dicapai sekitar K-175. Dengan melihat tabel 3.3. dapat diambil nilai fas untuk memperkirakan kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Tabel 3.3. Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Faktor Air Semen[9]

F A S	Kemungkinan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	
	Beton "Non Air Entrained" (kg/cm^2)	"Air Entrained" (kg/cm^2)
0.36	420	340
0.45	350	280
0.54	280	225
0.63	225	185
0.72	175	140
0.81	140	115

Dengan mengetahui ukuran maksimum agregat kasar dan Modulus Halus Butir (MHB) pasir dapat diperkirakan volume agregat kasar tiap satuan volume adukan beton, seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4. Volume Agregat Tiap Satuan Volume Adukan Beton[9]

Ukuran Maks. (mm)	Volume Agregat SSD Untuk Berbagai Nilai MHB			
	2.4	2.6	2.8	3.0
9.50	0.46	0.44	0.42	0.40
12.7	0.55	0.53	0.51	0.49
19.2	0.65	0.63	0.61	0.59
25.0	0.70	0.68	0.66	0.64
38.1	0.76	0.74	0.72	0.70
50.0	0.79	0.77	0.75	0.73
76.0	0.84	0.82	0.80	0.78
150	0.90	0.88	0.86	0.84

Untuk memperkirakan jumlah air yang diperlukan tiap m^3 dipakai tabel 3.5. yaitu sebagai berikut :

Tabel 3.5. Volume Air Yang Diperlukan Tiap m^3 Adukan Beton Untuk Berbagai Slump dan Ukuran Maksimum Agregat[9]

Slump (cm)	Air (lt/kg) Yang Diperlukan Tiap m^3 Adukan Beton, Untuk Ukuran Agregat Maksimum							
	9.6	12.5	19.6	25	38.1	50	76.2	150
	Beton Biasa "NON AIR ENTRAINED"							
2.5-5.0	213	203	188	183	168	157	147	127
7.5-10	234	223	208	198	183	173	163	142
15-17.5	248	234	218	208	193	183	173	152
Udara (%)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2

BAB IV

PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN

4.1. Umum

Penelitian tugas akhir ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Dalam penelitian ini menggunakan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Benda uji yang direncanakan sebanyak 5 (lima) macam campuran beton berdasarkan variasi faktor air semen (fas) yaitu dengan nilai 0.45, 0.50, 0.55, 0.60 dan 0.65 dengan desain awal fas 0.55 serta dua variasi agregat dengan penambahan dan pengurangan 10 %. Setiap macam campuran beton dibuatkan benda uji sebanyak 9 (sembilan) buah kubus beton dengan lama pengujian pada umur 7, 21 dan 28 hari.

Penelitian ini dibedakan menjadi tiga bagian yaitu :

- Persiapan bahan
- Pemeriksaan agregat halus
- Pemeriksaan agregat kasar
- Pembuatan benda uji
- Pengujian benda uji

4.2. Persiapan Bahan

Bahan pembentuk beton yang dipergunakan pada penelitian ini adalah :

1. Semen portland tipe I merk Nusantara
2. Agregat halus (pasir) dari Kali Progo yang lolos saringan ukuran 4.75 mm (no.4)
3. Agregat kasar pecahan genteng dari Godean, Sleman.

4. Air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

4.3. Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus (pasir) yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :

1. Pemeriksaan kadar lumpur
2. Pemeriksaan kandungan zat organik
3. Analisis saringan dan Modulus Halus Butir
4. Pemeriksaan berat jenis dan absorbsi

4.3.1. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui besarnya kadar lumpur yang dikandung oleh agregat halus yang akan dipergunakan sebagai bahan adukan beton. Kadar lumpur yang dikandung oleh agregat halus ini tidak boleh lebih dari 5%. Dari hasil penelitian terhadap pasir didapat kandungan lumpur sebesar 4.1% (< 5%), perhitungan lihat lampiran. Oleh karena itu pasir tersebut dapat langsung dipergunakan tanpa harus dicuci terlebih dahulu.

4.3.2. Pemeriksaan Kandungan Zat Organik

pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan jumlah kandungan zat organik secara kualitatif yang akan menentukan mutu dari bahan. Jumlah senyawa zat organik yang terdapat pada agregat halus dapat diperiksa dengan merendam contoh agregat yang akan diuji didalam 3% NaOH sebanyak 200 cc dan didiamkan selama 24 jam. Cairan dalam endapan tidak boleh lebih gelap dari warna pembanding.

Dari hasil pengujian ternyata warna cairan diatas endapan lebih muda dari warna pembandingnya. Maka pasir dapat langsung dipergunakan tanpa harus dicuci terlebih dahulu.

4.3.3. Analisis Saringan Dan Modulus halus Butir

Analisis saringan bertujuan untuk mengetahui variasi butiran *(gradasi)* agregat halus dan menentukan nilai Modulus Halus Butir (MHB) dengan menggunakan saringan.

Hasil analisis saringan seperti pada tabel 4.1. dibawah ini:

Tabel 4.1. Hasil Analisis Saringan Agregat Halus

No.	Ayakan (mm)	Sisa Ayakan (%)	Komulatif Sisa (%)	komulatif Lolos (%)
1	4.75	12.16	12.16	87.84
2	2.36	9.01	21.17	78.83
3	1.18	17.64	38.81	61.20
4	0.85	31.09	69.69	30.11
5	0.30	20.54	90.43	9.58
6	0.15	8.16	98.59	1.42
7	Sisa	1.39	-	-
Jumlah		98.59	232.65	

Berat mula-mula pasir = 2000 gram

Kehilangan berat = 2000 - (98.59 % x 2000) = 0.6 gram

$$= \frac{0.6}{2000} \times 100\ \% = 0.03\ \%$$

Modulus Halus Butir (MHB) :

$$MHB = \frac{\text{\% Komulatif Sisa Ayakan}}{\text{\% Berat Sisa Ayakan}} \quad ...(4.1)$$

$$= 232.65 \;/\; 98.59$$

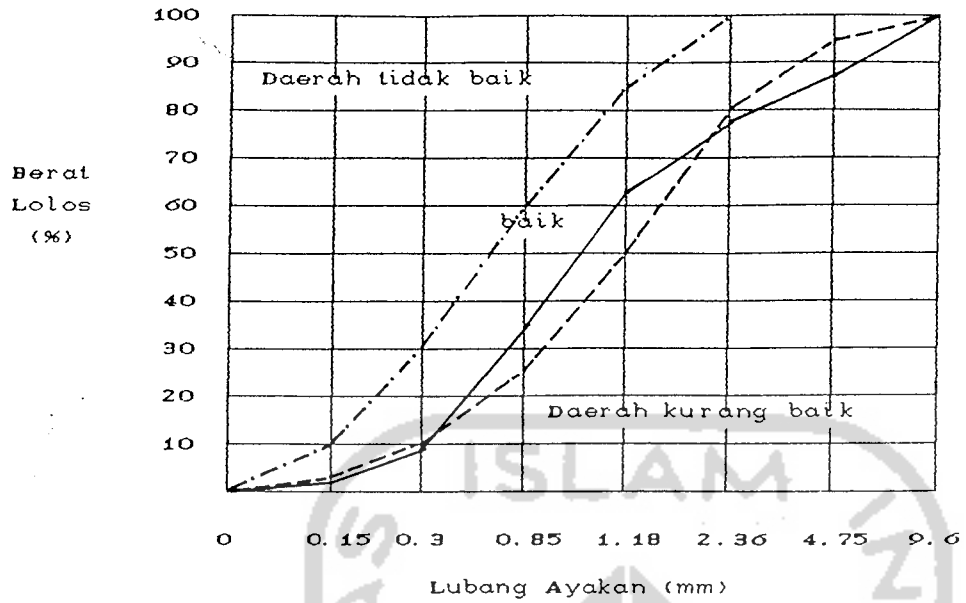
$$= 2.36 \approx 2.40$$

Tabel 4.2. Hasil Analisis Pengujian Gradasi Agregat Halus

No	Ayakan (mm)	Komulatif Berat Lolos (%)	Syarat ASTM C - 33 (%)
1	4.75	87.84	95 - 100
2	2.36	78.83	80 - 100
3	1.18	61.20	50 - 85
4	0.85	30.11	26 - 60
5	0.30	9.58	10 - 30
6	0.15	1.42	2 - 10

Dari hasil pengujian gradasi pasir diatas dan dibandingkan dengan syarat ASTM C-33 menunjukkan bahwa pasir kali Progo cukup baik atau memenuhi syarat sebagai agregat halus dalam campuran beton dan mempunyai MHB = 2.40.

Modulus halus butir (MHB) adalah angka yang menunjukkan tinggi rendahnya tingkat kehalusan butir dalam suatu agregat, hal ini berguna untuk mengetahui banyaknya kandungan butir-butir halus dalam agregat, dimana syarat ASTM C-33 MHB berkisar antara 2.3 - 3.1.



Grafik 4.1. Grafik Hasil Pemeriksaan Pasir Kali Progo

4.3.4 Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorbsi Agregat Halus

Pemeriksaan berat jenis ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis agregat halus dalam keadaan jenuh kering permukaan *(ssd)* dan penyerapan agregat halus terhadap air (absorbsi). Dari hasil penelitian didapat : (lampiran)

- Berat jenis *(ssd)* = 2.67 gram/cm^3
- Absorbsi = 2.10 %

4.4. Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar pecahan genteng meliputi :

1. Analisis saringan dan Modulus Halus Butir
2. Pemeriksaan berat jenis dan absorbsi
3. Pemeriksaan ketahanan aus *(Abrasi)*

4.4.1. Analisis Saringan Dan Modulus Halus Butir

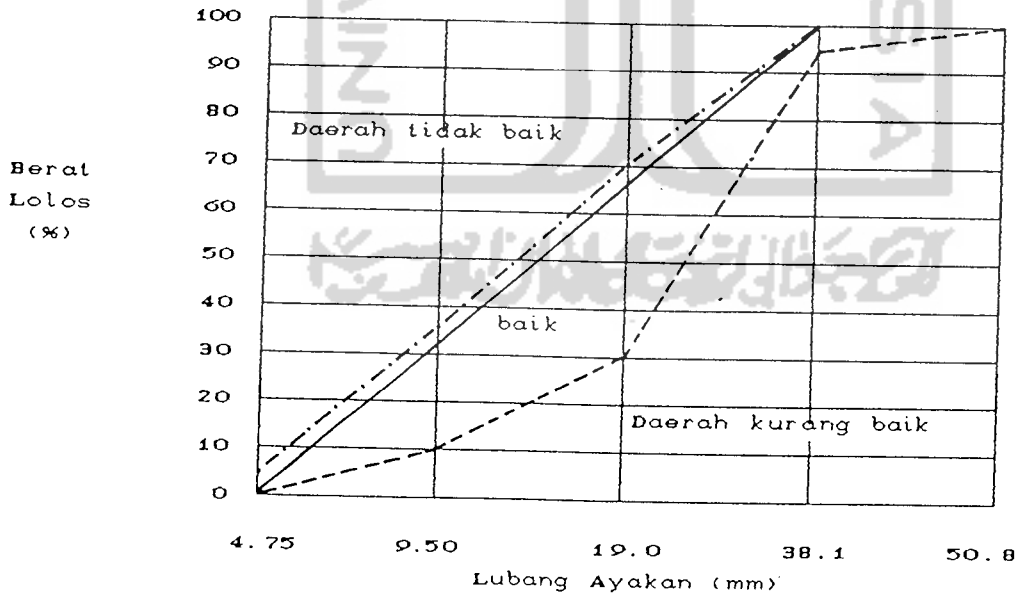
Analisis saringan ini bertujuan untuk mengetahui variasi butiran (gradasi) agregat kasar pecahan genteng dan menentukan Modulus Halus Butir (MHB) dengan menggunakan saringan.

Hasil analisis saringan seperti pada tabel 4.3. dibawah ini:

Tabel 4.3. Hasil Analisis Gradasi Agregat Kasar

Berat pecahan genteng yang diperiksa = 5000 gram

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)
1	38.1	0
2	19.0	1600
3	9.5	2300
4	4.75	1600
5	2.36	0



Keterangan : - - - = Batas atas
---- = Batas bawah

Grafik 4.2. Hasil Gradasi Agregat Kasar Pecahan Genteng

Tabel 4.4. Hasil Gradasi Agregat Kasar Dibandingkan Dengan Syarat ASTM C33-71a

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat tinggal (%)	Komulatif Berat tinggal (%)	Komulatif berat lolos (%)	Syarat ASTM (% lolos)
1	38.1	0	0	100	90-100
2	19.0	32	32	68	30-70
3	9.5	46	68	32	10-35
4	4.75	32	100	0	0-5
5	2.36	0	100	0	-
6	1.18	0	100	0	-
7	0.85	0	100	0	-
8	0.30	0	100	0	-
9	0.15	0	100	0	-
		100	700		

MHB pecahan genteng = 700 / 100 = 7

Dari hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar pecahan genteng tersebut sesuai dengan syarat ASTM C33-71a yang berada didaerah daerah baik.

4.4.2. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Absorbsi

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis agregat kasar pecahan genteng dalam keadaan *ssd* serta mengetahui absorbsi agregat kasar terhadap air.

Dari hasil penelitian terhadap agregat kasar didapat :

- Berat jenis *ssd* = 2.105 gram/cm^3 (lihat lampiran)
- Absorbsi = 17.7 %

Berat jenis agregat kasar pecahan genteng dari hasil penelitian tersebut masih dibawah berat jenis kerikil/split pada umumnya yang besarnya sekitar 2.4 gram/cm^3.

Absorbsi pecahan genteng menunjukkan angka yang besar, oleh karena itu harus diperhatikan sebelum pelaksanaan campuran adukan beton yaitu dengan membuat agregat kasar pecahan genteng *ssd* terlebih dahulu.

4.4.3. Pemeriksaan Kekerasan Agregat Kasar *(Test Abrasi)*

Pemeriksaan kekerasan agregat kasar ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan agregat kasar pecahan genteng yang akan digunakan sebagai campuran beton.

Prosentase nilai keausan atau kehancuran agregat yang digunakan untuk campuran beton harus sesuai dengan syarat PBI-71 yaitu kurang dari 50%.

Dari hasil penelitian diperoleh kekerasan pecahan genteng sebesar 48.48% (< 50%), lihat lampiran.

4.5. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat dengan lima macam campuran yaitu berdasarkan faktor air semen 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65 dengan desain awal fas 0.55 dan penambahan serta pengurangan pasir dan semen 10 %.

Untuk setiap campuran dibuat sembilan sampel kubus beton dengan pengujian umur 7, 21 dan 28 hari. Nilai slump direncanakan 7 cm atau lebih pada desain awal.

Setelah dihitung menurut desain awal dengan metode ACI diperoleh perbandingan kebutuhan bahan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Daftar Kebutuhan Bahan

FAS	Air (lt)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Pec.Genteng (kg)	Ket.
0.45	149.7	332.7	854.7	802.7	
0.50	166.4	332.7	854.7	802.7	
0.55	183.0	332.7	854.7	802.7	Dsn.Asli
0.60	199.6	332.7	854.7	802.7	
0.65	216.3	332.7	854.7	802.7	
0.55	164.7	299.4	769.2	802.7	- 10 %
0.55	201.3	366.0	940.2	802.7	+ 10 %

4.5.1 Pemeriksaan Berat Jenis Benda Uji

Tabel 4.6. Campuran I, FAS = 0.45

Umur (Hr)	No	Berat (kg)	Volume (cm^3)	BJ (kg/m^3)	BJ Rata-Rata (kg/m^3)
7	I	7.45	3524.9	2113.5	2070.7
	II	7.30	3481.8	2096.6	
	III	7.30	3645.4	2002.6	
21	I	7.30	3537.2	2063.8	2081.7
	II	6.90	3242.9	2127.7	
	III	7.15	3481.9	2053.5	
28	I	7.20	3426.3	2101.4	2112.7
	II	7.60	3590.8	2116.5	
	III	7.50	3537.3	2120.3	

Tabel 4.7. Campuran II, FAS = 0.50

Umur (Hr)	No	Berat (kg)	Volume (cm^3)	BJ (kg/m^3)	BJ Rata-Rata (kg/m^3)
7	I	7.50	3546.6	2114.7	2110.7
	II	7.35	3495.6	2102.7	
	III	7.30	3451.8	2114.9	
21	I	7.45	3518.8	2117.2	2102.4
	II	7.20	3440.6	2092.7	
	III	7.05	3361.5	2097.3	
28	I	7.20	3426.8	2100.7	2115.8
	II	7.40	3528.7	2097.3	
	III	7.00	3082.1	2149.2	

Tabel 4.8. Campuran III, FAS = 0.55

Umur (Hr)	No	Berat (kg)	Volume (cm^3)	BJ (kg/m^3)	BJ Rata-Rata (kg/m^3)
7	I	6.95	3511.7	1979.1	2069.6
	II	7.10	3378.4	2101.6	
	III	7.40	3477.2	2128.2	
21	I	7.25	3484.1	2080.9	2121.4
	II	7.40	3451.9	2143.7	
	III	7.25	3388.6	2139.6	
28	I	7.30	3458.8	2110.5	2086.6
	II	7.50	3533.5	2122.6	
	III	7.15	3528.0	2026.7	

Tabel 4.9. Campuran IV, FAS = 0.60

Umur (Hr)	No	Berat (kg)	Volume (cm^3)	BJ (kg/m^3)	BJ Rata-Rata (kg/m^3)
7	I	7.15	3428.7	2085.4	2101.2
	II	7.10	3344.9	2122.6	
	III	7.35	3369.7	2095.8	
21	I	7.40	3530.3	2096.2	2134.2
	II	7.35	3502.5	2098.5	
	III	7.70	3487.8	2207.4	
28	I	7.30	3532.4	2066.6	2089.5
	II	7.20	3416.9	2167.7	
	III	7.15	3414.7	2094.1	

Tabel 4.10. Campuran V, FAS = 0.65

Umur (Hr)	No	Berat (kg)	Volume (cm^3)	BJ (kg/m^3)	BJ Rata-Rata (kg/m^3)
7	I	7.10	3447.4	2059.5	2071.1
	II	7.20	3449.8	2087.1	
	III	7.20	3484.1	2066.5	
21	I	7.30	3497.9	2087.0	2067.4
	II	7.40	3599.5	2055.4	
	III	7.30	3544.2	2059.7	
28	I	7.20	3448.3	2087.6	2069.7
	II	6.90	3362.7	2051.8	
	III	7.00	3382.4	2069.9	

Tabel 4.11. Campuran VI, FAS = 0.55 (+ 10 %)

Umur (Hr)	No	Berat (kg)	Volume (cm^3)	BJ (kg/m^3)	BJ Rata-Rata (kg/m^3)
7	I	7.35	3497.7	2101.4	2088.5
	II	7.20	3436.4	2095.6	
	III	7.35	3553.5	2068.4	
21	I	7.20	3375.7	2132.9	2157.5
	II	7.50	3491.0	2148.4	
	III	7.40	3377.1	2191.2	
28	I	7.30	3523.4	2072.2	2085.0
	II	7.00	3353.1	2087.6	
	III	7.45	3555.8	2095.2	

Tabel 4.12. Campuran VII, FAS = 0.55 (- 10 %)

Umur (Hr)	No	Berat (kg)	Volume (cm^3)	BJ (kg/m^3)	BJ Rata-Rata (kg/m^3)
7	I	7.00	3381.7	2070.0	2049.7
	II	7.40	3585.9	2065.0	
	III	7.10	3525.1	2014.1	
21	I	7.20	3421.7	2101.3	2108.6
	II	7.30	3458.5	2110.5	
	III	7.40	3500.3	2114.1	
28	I	7.40	3513.7	2119.8	2112.5
	II	7.20	3417.8	2106.6	
	III	7.40	3507.2	2110.9	

4.6. Pengujian Benda Uji

Faktor konversi 1 KN = 101.971 kg

Tabel 4.13 Hasil Uji Kubus Beton FAS = 0.45

Umur (Hr)	No	A (cm^2)	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (Kg/cm^2)	Kuat Tekan rata-rata (kg/cm^2)
7	I	231.0	280	123.61	109.87
	II	230.6	255	112.77	
	III	240.6	220	93.23	
21	I	232.5	393	172.32	182.52
	II	216.3	380	179.11	
	III	228,8	440	196.12	
28	I	227.1	465	208.83	220.41
	II	235.0	485	210.45	
	III	231.8	550	241.95	

Tabel 4.14 Hasil Uji Kubus Beton FAS = 0.50

Umur (Hr)	No	A (cm^2)	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (Kg/cm^2)	Kuat Tekan rata-rata (kg/cm^2)
7	I	231.7	244	107.41	119.45
	II	229.7	270	119.88	
	III	226.1	267	131.07	
21	I	231.7	425	187.08	193.40
	II	228.6	452	201.61	
	III	223,7	420	191.50	
28	I	228.8	435	193.90	196.89
	II	232.0	445	195.59	
	III	218.0	430	201.16	

Tabel 4.15 Hasil Uji Kubus Beton FAS = 0.55

Umur (Hr)	No	A (cm^2)	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (Kg/cm^2)	Kuat Tekan rata-rata (kg/cm^2)
7	I	232.0	344	151.23	131.06
	II	222.3	267	122.50	
	III	228.8	268	119.46	
21	I	229.7	385	170.94	179.30
	II	229.7	430	190.92	
	III	225,9	390	176.05	
28	I	229.7	398	176.71	191.00
	II	232.2	440	193.26	
	III	231.1	460	203.02	

Tabel 4.16 Hasil Uji Kubus Beton FAS = 0.60

Umur (Hr)	No	A (cm^2)	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (Kg/cm^2)	Kuat Tekan rata-rata (kg/cm^2)
7	I	224.0	225	102.45	97.73
	II	223.9	220	100.67	
	III	229.8	203	90.07	
21	I	231.8	289	128.56	132.18
	II	231.9	328	144.20	
	III	229,0	278	128.78	
28	I	233.8	327	142.63	142.39
	II	228.8	312	139.05	
	III	227.8	325	145.48	

Tabel 4.17 Hasil Uji Kubus Beton FAS = 0.65

Umur (Hr)	No	A (cm^2)	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (Kg/cm^2)	Kuat Tekan rata-rata (kg/cm^2)
7	I	227.0	186	83.57	88.88
	II	227.3	184	82.56	
	III	230.3	227	100.52	
21	I	229.2	318	141.47	139.08
	II	234.2	317	138.02	
	III	233,2	315	137.76	
28	I	229.1	290	129.07	136.52
	II	222.6	304	139.29	
	III	223.9	310	141.21	

Tabel 4.18 Hasil Uji Kubus Beton FAS = 0.55 (+ 10%)

Umur (Hr)	No	A (cm^2)	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (Kg/cm^2)	Kuat Tekan rata-rata (kg/cm^2)
7	I	227.9	262	117.25	121.63
	II	226.0	262	118.19	
	III	233.2	296	129.45	
21	I	222.2	400	183.54	178.54
	II	229.7	403	178.93	
	III	223,8	380	173.14	
28	I	231.8	385	160.63	181.50
	II	221.9	410	188.40	
	III	232.1	425	186.72	

Tabel 4.19 Hasil Uji Kubus Beton FAS = 0.55 (- 10%)

Umur (Hr)	No	A (cm^2)	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (Kg/cm^2)	Kuat Tekan rata-rata (kg/cm^2)
7	I	225.8	271	122.41	141.94
	II	232.7	391	173.97	
	III	228.5	290	129.44	
21	I	222.2	350	160.63	160.85
	II	229.7	360	159.85	
	III	230,3	366	162.07	
28	I	228.5	370	165.15	168.42
	II	225.0	365	165.42	
	III	230.1	395	175.02	

BAB V

ANALISIS HASIL PENELITIAN

5.1. Analisis Karakteristik Beton

Kekuatan tekan beton mempunyai kecenderungan untuk bervariasi dari adukan ke adukan. Besar variasi itu tergantung pada berbagai faktor, antara lain :[5]

1. Variasi mutu bahan (agregat) dari satu adukan ke adukan berikutnya
2. Variasi cara pengadukan
3. Ketrampilan dan stabilitas pengaduk atau pekerja

Pekerjaan beton dapat dinyatakan memenuhi syarat (mutunya tercapai) jika kedua persyaratan berikut terpenuhi :[1]

1. Nilai rata-rata dari semua pasangan hasil uji (masing-masing pasangan terdiri dari tiga hasil uji kuat tekan) tidak kurang dari (f'c + 0.82 S).
2. Tidak satupun dari hasil uji tekan (rata-rata dari dua kubus) kurang dari 0.85 f'c.

Dalam pengendalian mutu beton *(Quality Control)*, untuk menentukan kriteria suatu hasil produk beton adalah sebagai berikut :[10]

1. Tiap sampel harus mempunyai tegangan uji tidak kurang dari tegangan karakteristik.

2. Dalam hal satu atau lebih tegangan uji sampel kurang dari tegangan karakteristik, maka dalam setiap kasus, tegangan uji tersebut tidak boleh kurang dari nilai terbesar dari:

a. Tegangan karakteristik dikurangi dengan 1.35 S

b. 0.8 kali tegangan karakteristik, dan tegangan rata-rata dari semua sampel tidak boleh kurang dari tegangan karakteristik ditambah 1.65 $(1 - 1/\sqrt{N})$ kali deviasi standar (S), dengan N adalah jumlah benda uji.

Beton yang tidak memenuhi tegangan sesuai dengan butir (1) diatas, tetapi mempunyai tegangan yang lebih besar daripada kebutuhan tegangan pada butir (2) bisa diterima sebagai beton dengan kekuatan yang cukup tanpa pengujian lebih lanjut sebagai kebijaksanaan perencana.

Dari beberapa uraian dapat dicari karakteristik beton benda uji menggunakan rumus seperti tersebut diatas yaitu :

a. $\left(\sum_{1}^{3} \sigma_b : 3 \right) \geq (f'c + 0{,}82\ S_d)$ .....(5.1)

b. $\left(\sum_{1}^{2} \sigma_b : 2 \right) \geq 0{,}85\ f'c$ .....(5.2)

c. $\sigma_b' \geq f'c$, $f'c = \sigma_{bk}$ .....(5.3)

d. Apabila ada hasil benda uji yang kurang dari tegangan karakteristik ($f'c = \sigma_{bk}$), maka dipakai batasan nilai tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) dengan rumus :

- $\bar{\sigma} = (f'c - 1{,}35\ S) \cdot \sigma_{bm}$ .....(5.4)
- $\bar{\sigma} = 0{,}8\ f'c \cdot \sigma_{bm}$ .....(5.5)
- $\sigma_{bm} \geq 1{,}33 \cdot \sigma_{bk}$ .....(5.6)

Dimana :

S = Deviasi standar dari seluruh benda uji

S_3 = Deviasi standar dari tiga benda uji

$f'c = \sigma_{bk}$ = Tegangan karakteristik benda uji

σ_{28} = Kuat tekan masing-masing benda uji

σ'_{bm} = Kuat tekan rata-rata seluruh benda uji

N = Jumlah benda uji



Tabel 5.1. Karakteristik Beton fas 0.45

NO.	Umur (Hr)	Faktor umur	$\sigma b'$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ rata2 3 hs. uji	S	(f'C+0.82S) (Kg/Cm^2)
1	7	0.65	123.61	190.17	-	-	-
2	7	0.65	112.77	173.49	-	-	-
3	7	0.65	93.23	143.43	169.83	23.7	194.43
4	21	0.95	172.32	181.39	166.10	20.0	191.43
5	21	0.95	179.11	188.54	171.12	24.2	194.84
6	21	0.95	196.12	206.44	192.12	12.9	185.59
7	28	1	208.83	208.83	201.27	11.1	184.09
8	28	1	210.45	210.45	208.57	2.0	176.66
9	28	1	241.95	241.95	220.41	18.7	190.31

Dari data diatas ternyata ada beberapa nilai rata-rata dari 3 (tiga) benda uji ($\sigma 28$ rata-rata) yang besarnya kurang dari nilai (f'c + 0.82 S).

Maka perhitungan selanjutnya dicari rata-rata kuat tekan dari seluruh benda uji ($\sigma'bm$) :

$$\sigma'bm = \frac{\sum_{1}^{n} \sigma b'}{N}$$

$$= 193.85 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (\sigma b' - \sigma'bm)^2}{N - 1}}$$

$$= 27.17$$

Batasan nilai tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) adalah :

- $\bar{\sigma}$ = 175 - 1.35 S

= 175 - 1.35 x 27.17

= 137.58 kg/cm^2 < $\sigma 28$

- $\bar{\sigma}$ = 0.8 f'c

= 0.8 x 175

= 140 kg/cm^2 < σ_{28}

- $\bar{\sigma}r$ = 175 + 1.65 (1 - 1/$\sqrt{N}$) S

= 175 + 1.65 (1 - 1/$\sqrt{9}$) 27.17

= 192,66 kg/cm^2 < σ'_{bm}

Dari nilai batasan tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) tersebut diambil nilai yang paling besar kemudian dibandingkan dengan nilai masing-masing tegangan uji (σ_{28}) dan rata-rata seluruh hasil benda uji (σ'_{bm}) harus lebih besar dari $\bar{\sigma}r$.

Pada hasil uji fas 0.45 tersebut diatas, ternyata tidak satupun hasil uji (σ_{28}) kurang dari nilai batasan tegangan ijin terbesar ($\bar{\sigma}$ = 140 kg/cm).

Dan $\sigma'_{bm} > \bar{\sigma}r$, jadi beton dengan fas 0.45 dapat dipakai sebagai struktur ringan.

Tabel 5.2. Karakteristik Beton fas 0.50

NO.	Umur (Hr)	Faktor umur	$\sigma b'$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ rata2 3 hs. uji	S	($f'c+0.82S$) (Kg/Cm^2)
1	7	0.65	107.41	165.25	-	-	-
2	7	0.65	119.88	184.43	-	-	-
3	7	0.65	131.07	201.65	183.78	18.2	189.93
4	21	0.95	187.08	196.93	194.34	8.9	182.30
5	21	0.95	201.61	212.22	203.60	7.8	181.42
6	21	0.95	191.50	201.58	203.58	7.8	181.43
7	28	1	193.90	193.90	195.67	12.5	185.24
8	28	1	195.54	195.54	193.66	5.8	179.73
9	28	1	201.16	201.16	196.88	3.8	178.12

Dari data diatas ternyata ada satu nilai rata-rata dari 3 (tiga) hasil benda uji ($\sigma 28$ rata-rata) yang besarnya kurang dari nilai ($f'c + 0.82\ S$).

Maka perhitungan selanjutnya dicari rata-rata kuat tekan dari seluruh benda uji ($\sigma'bm$) :

$$\sigma'bm = \frac{\sum_{1}^{n} \sigma b'}{N}$$

$$= 194.75\ kg/cm^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (\sigma b' - \sigma'bm)^2}{N - 1}}$$

$$= 13.17$$

Batasan nilai tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) adalah :

- $\bar{\sigma} = 175 - 1.35\ S$

$= 175 - 1.35 \times 13.17$

$= 157.23\ kg/cm^2 < \sigma 28$

- $\bar{\sigma}$ = 0.8 f'c

= 0.8 x 175

= 140 kg/cm^2 < σ_{28}

- $\bar{\sigma}r$ = 175 + 1.65 (1 - 1/$\sqrt{N}$) S

= 175 + 1.65 (1 - 1/$\sqrt{9}$) 13.17

= 192,87 kg/cm^2 < σ'_{bm}

Dari nilai batasan tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) tersebut diambil nilai yang paling besar kemudian dibandingkan dengan nilai masing-masing tegangan uji (σ_{28}) dan rata-rata seluruh hasil benda uji (σ'_{bm}) harus lebih besar dari $\bar{\sigma}r$.

Pada hasil uji fas 0.50 tersebut diatas, ternyata tidak satupun hasil uji (σ_{28}) kurang dari nilai batasan tegangan ijin terbesar ($\bar{\sigma}$ = 157.23 kg/cm^2).

Dan $\sigma'_{bm} > \bar{\sigma}r$, jadi beton dengan fas 0.50 dapat dipakai sebagai struktur ringan.

Tabel 5.3. Karakteristik Beton fas 0.55

NO.	Umur (Hr)	Faktor umur	$\sigma b'$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ rata2 3 hs. uji	S	(f'C+0.82S) (Kg/Cm^2)
1	7	0.65	151.23	232.66	-	-	-
2	7	0.65	122.50	188.46	-	-	-
3	7	0.65	119.46	183.79	201.64	27.0	197.11
4	21	0.95	170.94	179.94	184.06	4.3	178.50
5	21	0.95	190.92	200.97	188.23	11.2	184.18
6	21	0.95	176.05	185.32	188.74	10.9	183.95
7	28	1	184.26	184.26	190.18	9.4	182.68
8	28	1	193.26	193.26	187.61	4.9	179.03
9	28	1	203.02	203.02	193.18	9.7	182.99

Dari data diatas ternyata tidak ada satupun nilai rata-rata dari 3(tiga) hasil benda uji ($\sigma 28$ rata-rata) yang besarnya kurang dari nilai (f'c + 0.82 S), serta tidak ada satupun hasil uji yang besarnya kurang dari 175 kg/cm^2. Pada hasil seperti ini sudah menunjukkan bahwa benda uji termasuk beton K175.

Maka perhitungan selanjutnya untuk mengecek hasil perhitungan diatas, dicari kuat tekan rata-rata dari seluruh benda uji ($\sigma'bm$) :

$$\sigma'bm = \frac{\sum_{1}^{n} \sigma b'}{N}$$

$$= 194.52 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (\sigma b' - \sigma'bm)^2}{N - 1}}$$

$$= 16.24$$

Batasan nilai tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) adalah :

- $\bar{\sigma}$ = 175 - 1.35 S

  = 175 - 1.35 x 16.24

  = 153.08 kg/cm^2 < σ_{28}

- $\bar{\sigma}$ = 0.8 f'c

  = 0.8 x 175

  = 140 kg/cm^2 < σ_{28}

- $\bar{\sigma}r$ = 175 + 1.65 $(1 - 1/\sqrt{N})$ S

  = 175 + 1.65 $(1 - 1/\sqrt{9})$ 16.24

  = 197.87 kg/cm^2 < σ'_{bm}

Dari nilai batasan tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) tersebut diambil nilai yang paling besar kemudian dibandingkan dengan nilai masing-masing tegangan uji (σ_{28}) dan rata-rata seluruh hasil benda uji (σ'_{bm}) harus lebih besar dari $\bar{\sigma}r$.

Pada hasil uji fas 0.55 tersebut diatas, ternyata tidak satupun hasil uji (σ_{28}) kurang dari nilai batasan tegangan ijin terbesar ($\bar{\sigma}$ = 153.08 kg/cm^2).

Dan $\sigma'_{bm} > \bar{\sigma}r$, jadi beton dengan fas 0.55 dapat dipakai sebagai struktur ringan.

Tabel 5.4. Karakteristik Beton fas 0.60

NO.	Umur (Hr)	Faktor umur	$\sigma b'$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ rata2 3 hs. uji	S	(f'C+0.82S) (Kg/Cm^2)
1	7	0.65	102.45	157.62	-	-	-
2	7	0.65	100.67	154.88	-	-	-
3	7	0.65	90.07	138.57	150.36	10.3	177.88
4	21	0.95	128.57	135.34	142.93	10.2	177.89
5	21	0.95	144.20	151.79	141.90	8.7	177.44
6	21	0.95	123.79	129.47	138.87	11.6	178.24
7	28	1	142.63	142.63	141.30	11.3	178.17
8	28	1	139.05	139.05	137.05	5.6	176.58
9	28	1	145.48	145.48	142.39	3.2	175.90

Dari data diatas ternyata semua nilai rata-rata dari 3 (tiga) hasil benda uji ($\sigma 28$ rata-rata) besarnya kurang dari nilai (f'c + 0.82 S).

Disini menunjukkan bahwa benda uji tidak termasuk beton K175, maka perhitungan selanjutnya dicari rata-rata kuat tekan dari seluruh benda uji ($\sigma' bm$) :

$$\sigma' bm = \frac{\sum_{1}^{n} \sigma b'}{N}$$

$$= 143.87 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (\sigma b' - \sigma' bm)^2}{N - 1}}$$

$$= 9.41$$

Batasan nilai tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) adalah :

- $\bar{\sigma} = 175 - 1.35\ S$

$= 175 - 1.35 \times 9.41$

$= 162.30 \text{ kg/cm}^2 > \sigma 28$

- $\bar{\sigma}$ = 0.8 f'c

  = 0.8 x 175

  = 140 kg/cm^2

- $\bar{\sigma}r$ = 175 + 1.65 (1 - 1/$\sqrt{N}$) S

  = 175 + 1.65 (1 - 1/$\sqrt{9}$) 9.41

  = 185.35 kg/cm^2 > σ'_{bm}

Dari nilai batasan tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) tersebut diambil nilai yang paling besar kemudian dibandingkan dengan nilai masing-masing tegangan uji (σ_{28}) dan rata-rata seluruh hasil benda uji (σ'_{bm}) harus lebih besar dari $\bar{\sigma}r$.

Pada hasil uji fas 0.60 tersebut diatas, ternyata hasil benda uji (σ_{28}) seluruhnya kurang dari nilai batasan tegangan ijin terbesar ($\bar{\sigma}$ = 162.30 kg/cm^2).

Jadi beton dengan fas 0.60 tidak dapat dipakai sebagai struktur.

Tabel 5.5. Karakteristik Beton fas 0.65

NO.	Umur (Hr)	Faktor umur	$\sigma b'$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ rata2 3 hs. uji	S	(f'C+0.82S) (Kg/Cm^2)
1	7	0.65	83.57	128.57.	-	-	-
2	7	0.65	82.56	127.02	-	-	-
3	7	0.65	100.52	154.65	136.76	15.5	187.73
4	21	0.95	141.47	148.92	143.53	14.6	186.96
5	21	0.95	138.03	148.20	150.62	3.5	177.87
6	21	0.95	137.76	145.01	147.41	21.1	192.30
7	28	1	129.07	129.07	140.79	10.3	183.44
8	28	1	139.29	139.29	137.79	8.1	181.63
9	28	1	141.22	141.22	136.53	6.5	180.35

Dari data diatas ternyata semua nilai rata-rata dari 3 (tiga) hasil benda uji ($\sigma 28$ rata-rata) besarnya kurang dari nilai (f'c + 0.82 S).

Disini menunjukkan bahwa benda uji tidak termasuk beton K175, maka perhitungan selanjutnya dicari rata-rata kuat tekan dari seluruh benda uji ($\sigma' bm$) :

$$\sigma' bm = \frac{\sum_{1}^{n} \sigma b'}{N}$$

$$= 140.23 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (\sigma b' - \sigma' bm)^2}{N - 1}}$$

$$= 10.05$$

Batasan nilai tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) adalah :

$$- \bar{\sigma} = 175 - 1.35 S$$

$$= 175 - 1.35 \times 10.05$$

$$= 161.43 \text{ kg/cm}^2 > \sigma 28$$

- $\bar{\sigma}$ = 0.8 f'c

  = 0.8 x 175

  = 140 kg/cm^2

- $\bar{\sigma}r$ = 175 + 1.65 (1 - 1/$\sqrt{N}$) S

  = 175 + 1.65 (1 - 1/$\sqrt{9}$) 10.05

  = 186.06 kg/cm^2 > σ'_{bm}

Dari nilai batasan tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) tersebut diambil nilai yang paling besar kemudian dibandingkan dengan nilai masing-masing tegangan uji (σ_{28}) dan rata-rata seluruh hasil benda uji (σ'_{bm}) harus lebih besar dari $\bar{\sigma}r$.

Pada hasil uji fas 0.65 tersebut diatas, ternyata hasil benda uji (σ_{28}) seluruhnya kurang dari nilai batasan tegangan ijin terbesar ($\bar{\sigma}$ = 161.43 kg/cm^2).

Jadi beton dengan fas 0.65 tidak dapat dipakai sebagai struktur.

Tabel 5.6. Karakteristik Beton fas 0.55 + 10 %

NO.	Umur (Hr)	Faktor umur	$\sigma b'$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ rata2 3 hs. uji	S	($f'C+0.82S$) (Kg/Cm^2)
1	7	0.65	117.25	180.39.	-	-	-
2	7	0.65	118.19	181.83	-	-	-
3	7	0.65	129.45	199.15	187.12	10.4	183.56
4	21	0.95	183.54	193.20	191.39	8.8	182.22
5	21	0.95	178.93	188.35	193.57	5.4	179.44
6	21	0.95	173.14	182.25	187.93	5.5	179.50
7	28	1	169.37	169.37	179.99	9.7	182.95
8	28	1	188.40	188.40	176.20	6.5	180.31
9	28	1	186.72	186.72	181.50	6.5	180.33

Dari data diatas ternyata ada nilai rata-rata dari 3 (tiga) hasil benda uji ($\sigma 28$ rata-rata) yang besarnya kurang dari nilai ($f'c + 0.82\ S$).

Maka perhitungan selanjutnya dicari rata-rata kuat tekan dari seluruh benda uji ($\sigma' bm$) :

$$\sigma' bm = \frac{\sum_{1}^{n} \sigma b'}{N}$$

$$= 185.52\ kg/cm^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (\sigma b' - \sigma' bm)^2}{N - 1}}$$

$$= 23.96$$

Batasan nilai tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) adalah :

$$- \bar{\sigma} = 175 - 1.35\ S$$

$$= 175 - 1.35 \times 23.96$$

$$= 142.66\ kg/cm^2 < \sigma 28$$

- $\bar{\sigma}$ = 0.8 f'c

= 0.8 x 175

= 140 kg/cm^2 < σ_{28}

- $\bar{\sigma}r$ = 175 + 1.65 (1 - 1/$\sqrt{N}$) S

= 175 + 1.65 (1 - 1/$\sqrt{9}$) 23.96

= 201.36 kg/cm^2 > σ'_{bm}

Dari nilai batasan tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) tersebut diambil nilai yang paling besar kemudian dibandingkan dengan nilai masing-masing tegangan uji (σ_{28}) dan rata-rata seluruh hasil benda uji (σ'_{bm}) harus lebih besar dari $\bar{\sigma}r$.

Pada hasil uji fas (0.55 + 10 %) tersebut diatas, ternyata tidak satupun hasil uji (σ_{28}) kurang dari nilai batasan tegangan ijin terbesar ($\bar{\sigma}$ = 142.66 kg/cm^2).

Akan tetapi σ'_{bm} < $\bar{\sigma}r$, jadi beton dengan fas (0.5+10%) tidak dapat dipakai sebagai struktur.

Tabel 5.7. Karakteristik Beton fas 0.55 - 10 %

NO.	Umur (Hr)	Faktor umur	$\sigma b'$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ (Kg/Cm^2)	$\sigma 28$ rata2 3 hs.uji	S	(f'C+0.82S) (Kg/Cm^2)
1	7	0.65	122.41	188.32.	-	-	-
2	7	0.65	173.97	267.65	-	-	-
3	7	0.65	129.44	199.14	218.38	43.0	210.28
4	21	0.95	160.63	169.08	211.96	50.5	216.43
5	21	0.95	159.85	168.26	178.83	17.6	189.43
6	21	0.95	162.07	170.60	169.31	1.2	175.98
7	28	1	165.15	165.15	168.00	2.7	177.24
8	28	1	165.42	165.42	167.06	3.1	177.52
9	28	1	175.03	175.03	168.53	5.4	179.38

Dari data diatas ternyata hampir seluruh nilai rata-rata dari 3 (tiga) hasil benda uji ($\sigma 28$ rata-rata) besarnya kurang dari nilai (f'c + 0.82 S).

Maka perhitungan selanjutnya dicari rata-rata kuat tekan dari seluruh benda uji ($\sigma' bm$) :

$$\sigma' bm = \frac{\sum_{1}^{n} \sigma b'}{N}$$

$$= 185.41 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (\sigma b' - \sigma' bm)^2}{N - 1}}$$

$$= 32.90$$

Batasan nilai tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) adalah :

$$- \bar{\sigma} = 175 - 1.35 S$$

$$= 175 - 1.35 \times 32.90$$

$$= 130.59 \text{ kg/cm}^2 < \sigma 28$$

- $\bar{\sigma}$ = 0.8 f'c

= 0.8 x 175

= 140 kg/cm^2 < σ_{28}

- $\bar{\sigma}r$ = 175 + 1.65 (1 - 1/$\sqrt{N}$) S

= 175 + 1.65 (1 - 1/$\sqrt{9}$) 32.90

= 211.19 kg/cm^2 > σ'_{bm}

Dari nilai batasan tegangan uji ijin ($\bar{\sigma}$) tersebut diambil nilai yang paling besar kemudian dibandingkan dengan nilai masing-masing tegangan uji (σ_{28}) dan rata-rata seluruh hasil benda uji (σ'_{bm}) harus lebih besar dari $\bar{\sigma}r$.

Pada hasil uji fas (0.55 - 10 %) tersebut diatas, ternyata tidak satupun hasil uji (σ_{28}) kurang dari nilai batasan tegangan ijin terbesar ($\bar{\sigma}$ = 140.00 kg/cm^2).

Akan tetapi σ'_{bm} < $\bar{\sigma}r$, jadi beton dengan fas (0.5-10%) tidak dapat dipakai sebagai struktur.

6.2. Hasil Pengujian

Dari hasil analisis karakteristik beton diatas dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 5.8. Karakteristik Beton Hasil Uji

Fas	$\bar{\sigma}$ kg/cm^2	σr kg/cm^2	σbm kg/cm^2	$\sigma 28$ tertinggi terendah (kg/cm^2)	Keterangan
0.45	140.00	192.66	193.85	220.41	struktur
				166.10	ringan
0.50	157.23	189.49	194.75	203.60	struktur
				183.78	ringan
0.55	153.08	192.87	194.25	201.64	struktur
				184.06	ringan
0.60	162.30	185.35	143.87	150.36	non
				137.05	struktur
0.65	161.43	186.06	140.23	150.62	non
				136.53	struktur
0.55+10%	142.66	201.36	185.52	193.57	non
				176.20	struktur
0.55-10%	140.00	211.19	185.41	218.37	non
				167.06	struktur

Dari daftar tabel diatas, beton yang sesuai dengan perencanaan (K175) adalah beton dengan fas 0.45, 0.50 dan 0.55 dan dapat diterima sebagai beton struktur ringan, sedangkan beton dengan fas 0.60 dan 0.65 termasuk kedalam beton non struktur.

6.3. Pembahasan

Kuat tekan beton tinggi umumnya dihasilkan dari campuran beton dengan fas rendah, akan tetapi beton dengan fas rendah umumnya sulit dikerjakan dan apabila pemadatannya kurang akan menghasilkan beton kropos yang dapat mengurangi kekuatan.

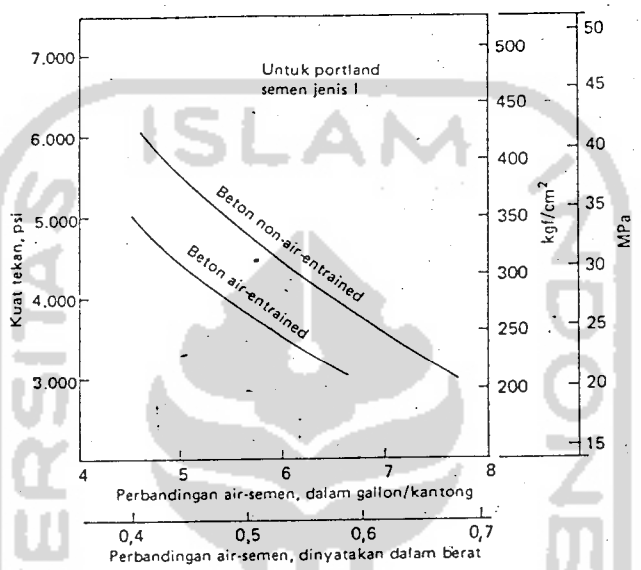
Adapun hasil pengujian beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 5.9.

Tabel 5.9. Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

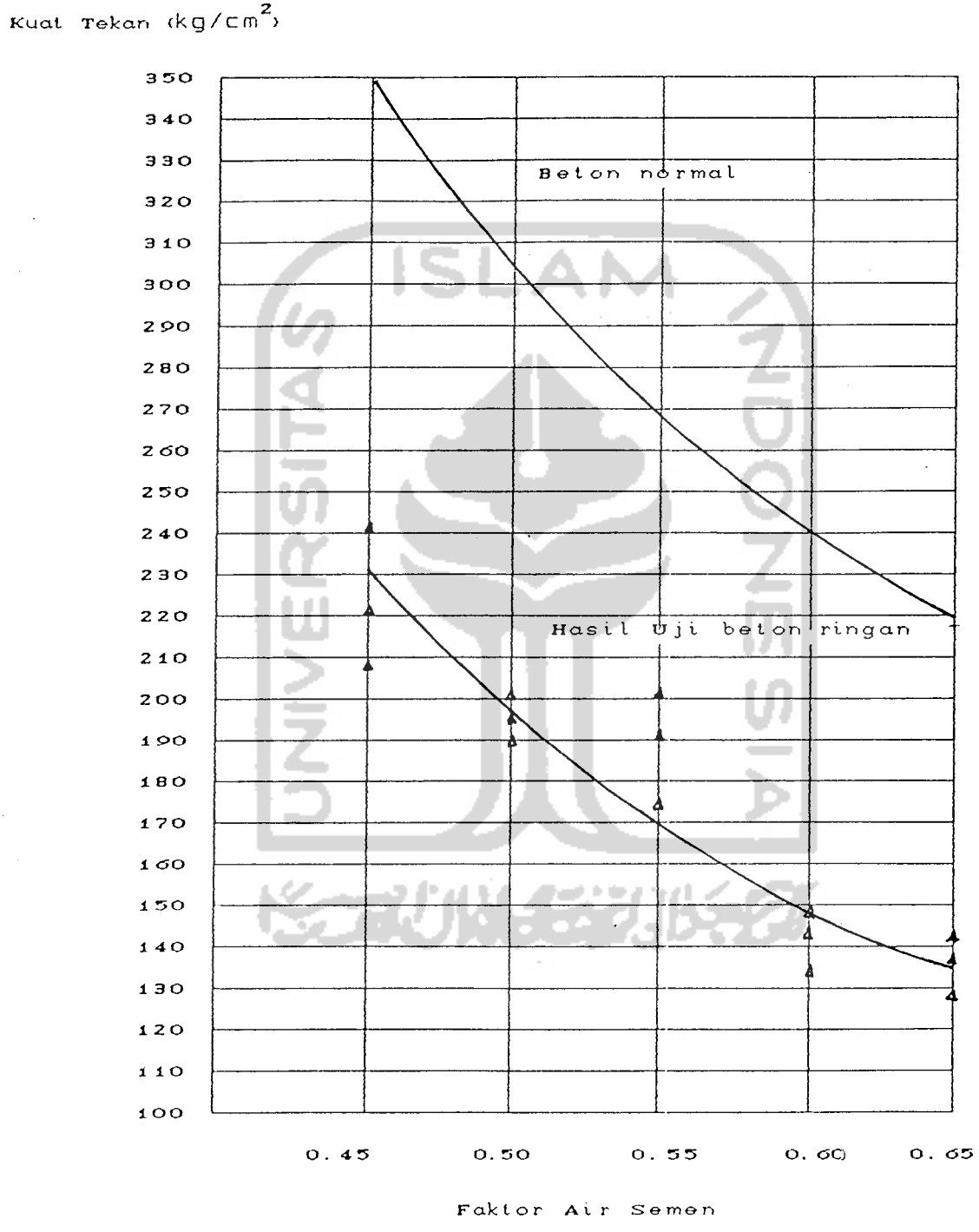
Fas	No	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (Kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata2 (Kg/cm^2)	Slump (cm)
0.45	I	465	208.83	220.41	0
	II	485	210.45		
	III	550	241.95		
0.50	I	435	193.90	196.89	0.5
	II	445	195.59		
	III	490	201.16		
0.55	I	398	176.71	191.00	7.5
	II	440	193.26		
	III	460	203.02		
0.60	I	327	142.63	142.39	10.5
	II	312	139.05		
	III	325	145.48		
0.65	I	290	129.07	136.52	11.0
	II	304	139.29		
	III	310	141.21		

Pada tabel diatas nilai *slump* dari fas 0.45 ke fas 0.65 menunjukkan kenaikan angka yang tidak stabil. Kenaikan angka yang tidak stabil ini menunjukkan tingkat kebasahan alat-alat pencampur adukan beton yang tidak konsisten pada waktu pencampuran adukan dilaksanakan.

Grafik 5.1. Hubungan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari Dengan Faktor Air Semen (FAS) Pada Beton Normal



Grafik 5.2. Hubungan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari Dengan Faktor Air Semen



Pada grafik tersebut diatas menunjukkan bahwa kuat tekan beton dengan agregat kasar pecahan genteng mempunyai kuat tekan yang tinggi pada fas rendah yaitu 0.45 dan kuat tekan akan turun bila fas naik, kuat tekan terendah pada fas 0.65. Akan tetapi pada grafik diatas ada kuat tekan beton yang rendah pada fas 0.45, hal ini disebabkan karena pemadatan yang kurang sempurna sehingga menyebabkan beton keropos.

Faktor air semen yang rendah (kadar air sedikit) menyebabkan air diantara bagian-bagian semen sedikit, sehingga jarak antara butiran-butiran semen pendek. Akibatnya massa semen menunjukkan lebih berkaitan, karenanya kekuatan awal lebih dipengaruhi dan akhirnya agregat-semen mencapai kepadatan tinggi sehingga kekuatannya tinggi.

Semen mengikat air untuk keperluan hidrasi, dan apabila kebutuhan air untuk proses hidrasi sudah tercukupi maka kelebihan airnya hanya akan tinggal dalam pori-pori, sehingga pori-porinya bertambah banyak. Akibatnya beton lebih berpori *(porous)*, hal ini mengakibatkan kekuatannya serta massanya berkurang.

Pada fas 0.55 dengan penambahan air, semen dan pasir sebesar 10 % terjadi penurunan kuat tekan beton dibanding dengan fas 0.55 pada desain awal. Dengan penambahan tesebut berarti faktor air semen tetap dan proposi agregat kasar tetap, sehingga proporsi campurannya lebih banyak semen dan pasir dibanding dengan fas 0.55 desain awal. Campuran disini terlalu banyak semen dan pasir (campuran gemuk), sehingga dapat menurunkan kuat tekan beton.

Pada fas 0.55 dengan pengurangan air, semen dan pasir sebesar 10% dengan proporsi agregat kasar pecahan genteng tetap terjadi juga penurunan kuat tekan. Campuran disini terlalu kasar karena pasir dan semen terlalu sedikit untuk mengisi rongga antara agregat kasar, yang menyebabkan *kompaktibilitas* agregat menjadi kurang, hal ini yang menyebabkan kuat tekan berkurang dibanding dengan desain awal fas 0.55.

Dari hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa untuk menambah ataupun mengurangi kuat tekan beton tidak dengan menambah atau mengurangi semen, pasir atau agregat kasar tanpa memperhatikan nilai fas. Akan tetapi untuk menambah kuat tekan beton cukup mengurangi jumlah air, dengan demikian mengurangi nilai fas. Demikian pula untuk mengurangi kuat tekan beton cukup dengan menambah jumlah air yang berarti menambah nilai fas.

Dengan melihat data *slump* dan kuat tekan beton diatas, nilai *slump* yang tinggi terjadi pada fas 0.65 yang berarti tingkat pengerjaannya paling mudah namun mempunyai kuat tekan yang paling rendah.

Nilai *slump* yang paling rendah atau nol terjadi pada fas 0.45 , berarti tingkat pengerjaannya sulit namun mempunyai kuat tekan yang paling tinggi akan tetapi ada beberapa benda uji pada fas 0.45 mempunyai kuat tekan yang agak rendah dikarenakan keropos.

Dalam hal ini besar kecilnya nilai *slump* erat kaitannya dengan tingkat pengerjaannya *(workability).*

Dari penjelasan diatas ternyata air merupakan bahan yang sangat vital untuk menentukan nilai *slump* dan kekuatan beton. Ini sejalan dengan pendapat Pofesor Abrams, yang dikenal dengan Hukum Perbandingan Air Semen dari Abrams , yaitu sebagai berikut :[7]

" Pada bahan-bahan beton dengan pengujian tertentu, jumlah air campuran yang dipakai menentukan kekuatan beton, selama campuran cukup plastis dan dapat dikerjakan ".

Hukum ini memberikan arti bahwa beton yang dipadatkan sempurna dengan agregat yang baik dan kadar semen tertentu, kekuatannya tergantung pada perbandingan air semen.

Setelah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi tercukupi, dalam keadaan ini nilai fas rendah, beton mempunyai kekuatan maksimal akan tetapi beton dengan fas rendah akan sulit pengerjaannya *(workability)*, oleh karena itu diperlukan juga tambahan air sebagai pelincir campuran agar dapat dikerjakan karena seluruh bagian air menguap ketika beton mengering dengan meninggalkan rongga-rongga, penting dalam hal ini agar air yang digunakan seminimal mungkin.

Apabila pemadatan beton tidak sempurna, sejumlah gelembung udara mungkin terperangkap dan mengakibatkan rongga yang lebih banyak lagi. Jadi disini terdapat dua sumber utama dari rongga dalam beton, yaitu :

- Rongga dari gelembung udara yang terperangkap
- Air pelincir yang akhirnya menguap setelah beton mengering

Gelembung udara lebih mudah dihilangkan pada campuran basah daripada campuran kering, selanjutnya terdapat kadar air yang optimum dimana volume udara yang terperangkap dan volume air dalam rongga adalah minimum. Beton dengan jumlah volume rongga yang minimal adalah yang terpadat dan terkuat.

Pada grafik 5.2 terjadi penurunan kuat tekan yang tajam dari fas 0.45 ke fas 0.65. Bila dibandingkan dengan grafik 5.1 pada beton normal penurunan kuat tekan tidak terlalu tajam. Hal ini dapat terjadi karena erat hubungannya dengan agregat kasar yang digunakan terhadap daya serap.

Dalam penelitian ini agregat kasar pecahan genteng yang digunakan mempunyai nilai absorbsi sebesa 17.7 %. Nilai ini cukup besar pengaruhnya dalam beton karena rongga-rongga yang terdapat dalam agregat kasar itu sendiri tidak dapat dijangkau oleh pasta semen seluruhnya.
Selain itu pada ukuran gradasi yang besar atau agregat kasar pecahan genteng yang lolos saringan no 38.1 mm dan tertahan pada saringan no 19.0 mm, agregat kasar pada bagian ini 1ermasuk agregat pipih.

Pada waktu proses pengeringan, air terangkat keatas dan berkumpul dibawah agregat *(water gain)* kasar yang pipih. Hal ini akan menyebabkan rongga dibawah agregat kasar setelah beton mengering. Semakin tinggi nilai fas maka semakin banyak air, sehingga air yang berkumpul dibawah agregat *(water gain)* semakin banyak pula. Oleh karena itu penurunan kuat tekan beton pada grafik 5.2 dari fas 0.45 ke fas 0.65 tajam dan tidak menentu.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Beton dengan agregat kasar pecahan genteng dari Godean, berdasar berat jenis yang berkisar antara 2069.7 - 2115.8 kg/m^3, dapat digolongkan kedalam beton ringan karena berat jenisnya masih dibawah beton normal yang berat jenisnya sekitar 2400 kg/m^3.
2. Beton yang paling padat dan kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dengan derajat kemudahan pengerjaan *(workability)* yang dibutuhkan untuk memberikan kepadatan maksimal. Derajat *workability* ini harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan cara pemadatan dan jenis konstruksi, untuk itu dapat ditentukan besarnya nilai *slump*.
3. Untuk merencanakan beton ringan menggunakan agregat kasar pecahan genteng dengan metode ACI, agar dicapai kuat tekan yang diinginkan maka perlu penambahan nilai margin *(M)* antara 30 - 100 kg/cm^2.
4. Beton dengan agregat kasar pecahan genteng dari Godean dapat digolongkan kedalam beton ringan struktur dan dapat dipakai sebagai struktur bangunan yang sederhana, yaitu pada faktor air semen (fas) 0.45, 0.50 dan 0.55.
5. Pecahan-pecahan genteng yang tidak berguna dapat dipakai sebagai pengganti agregat kasar.

6.2. Saran

Dari hasil penelitian yang penulis laksanakan, penulis dapat memberikan bebarapa saran yang diharapkan dapat berguna bagi kita, antara lain :

1. Karena sifatnya penelitian di laboratorium maka diperlukan ketelitian dalam pengukuran, penimbangan bahan-bahan serta ketelitian dalam pembacaan data yang dihasilkan. Begitu juga ketentuan-ketentuan untuk temperatur pencampuran, pemadatan, pengujian serta ketentuan-ketentuan lainnya yang harus diawasi secara ketat.
2. Agregat kasar pecahan genteng mempunyai daya serap terhadap air *(absorbsi)* yang sangat tinggi, oleh karena itu perlu diperhatikan dalam perencanaan awal dan pelaksanaan adukan beton.
3. Setelah melihat kekuatan tekan beton ringan agregat kasar dari Godean yang masuk syarat konstruksi, kiranya pecahan-pecahan genteng yang terdapat di daerah sekitar produksi dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi beton sederhana.

PENUTUP

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Demikianlah penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan meskipun tulisan ini masih jauh dari sempurna, baik dari materinya maupun dari cara penyajiannya. Kekurangan tersebut disadari karena semata-mata keterbatasan kemampuan yang dimiliki. Oleh karena itu atas segala saran dan kritik yang bisa memperbaiki laporan ini penyusun haturkan banyak terima kasih.

Akhirnya diharapkan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil khususnya dan masyarakat pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, April 1995

Penyusun

DAFTAR PUSTAKA

1. _____ , Departemen Pekerjaan Umum, Direktrat Jendral Cipta Karya, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SK-SNI,* Yayasan LPMB Bandung, 1991

2. A.M. Neville, 1975, *Properties Of Concrete,* Second Edition The English Language Book Society and Pitman Publishing London

3. Arthur H. Nilson, George Winter, 1993, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang,* Tim Editor dan Penerjemah ITB, penerbit ITB dan PT. Pradnya Paramita

4. Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon, 1993, *Desain Beton Bertulang,* Edisi Keempat Jilid 1, Penerbit Erlangga

5. Kardiono Tjokromulyo, Ir, ME, 1993, *Teknologi Beton,* Pusat Antar Universitas (PAU) UGM.

6. Kusuma Gideon ,Ir. WC. Vis, Ir, 1993, *Pedoman Pengerjaan Beton* Standar *SK-SNI*, Penerbit Erlangga

7. Murdock L.J, 1986, *Bahan dan Praktek Beton*, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga 1986

8. _____ , Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Cipta Karya, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 NI-2*, 1979

9. _____ , Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Fakuttas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, *Petunjuk Praktikum Bahan Konstruksi Teknik*, Yogyakarta

10. Siswanto M. Fauzie, Ir, MSCE, 1993, *Kursus Singkat Perancangan Struktur Dan Teknologi Beton,* Pusat Antar Universitas (PAU) UGM, Yogyakarta

Lampiran 1a

1.Pemeriksaan Bahan Batuan

1.1. Pemeriksaan Agregat Halus

a. Pemeriksaan kadar lumpur dalam pasir

- Diambil pasir kering oven yang lolos saringan 4.75 mm dengan timbangan seberat 100 gram (W 1).
- Pasir dimasukkan kedalam gelas ukur 250 cc, dituangkan air kedalamnya sehingga tinggi air tersebut 12 cm diatas permukaan pasir. Kemudian campuran air dan pasir tersebut dikocok sampai 10 kali, air yang kotor dibuang akan tetapi jangan sampai ada butiran pasir yang terbuang. Hal ini dilakukan sampai air dalam gelas ukur menjadi jernih.
- Tuangkan pasir yang telah dicuci tersebut dalam van alumunium, air yang ikut terbawa dibuang dengan menggunakan pipet. Kemudian masukkan van dan pasir tersebut kedalam oven selama 24 jam dengan suhu 120° C.
- Setelah dikeringkan ambil pasir dari oven dan dimasukkan dalam Desikator agar tercapai suhu kamar, kemudian ditimbang beratnya (W 2), W 2 = 95.9 gram.
- Prosentase kandungan lumpur (L) didapat dengan rumus:

$$L = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\ \%$$

$$L = \frac{100 - 95.9}{100} \times 100\ \% = 4.1\ \% \quad (<5\%)$$

b. Pemeriksaan kandungan zat organik

- Diambil pasir kering lebih kurang 130 cc kemudian di oven pada suhu 120°C selama 24 jam.
- Setelah di oven pasir tersebut diambil dan tunggu sampai pada suhu kamar (desikator), masukkan kedalam gelas ukur 250 cc.
- Tuangkan larutan NaOH 3 % sebanyak 200 cc dan dikocok selama 3 menit kemudian didiamkan selama 24 jam.
- Amati perubahan warna yang terjadi pada larutan NaOH diatas pasir. Warna yang terjadi merupakan indikasi kandungan zat organik dalam pasir.
- Bandingkan hasil pengamatan dengan PBI 1971 dan klasifikasi dari Prof. Ir. Roseno, Beton Bertulang.

c. Pengujian gradasi agregat halus

- Siapkan agregat halus seberat 2000 gram.
- Pasang susunan ayakan sesuai dengan aturan diameter butiran maksimum dari atas ke bawah yaitu 9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.85 mm, 0.30 mm, 0.15 mm dan 0 mm.
- Tumpahkan contoh pasir ke susunan ayakan paling atas dan ditutup rapat-rapat.
- Goyangkan rangkaian ayakan dengan mesin penggerak selama ± 5 menit.

- Tuangkan sisa masing-masing butiran yang tidak lolos saringan pada masing-masing van dan ditimbang.

d. Pemeriksaan berat jenis dan absorbsi agregat halus

- Pasir dalam keadaan *ssd* ditimbang sebanyak 400 gram (G) dan dimasukkan kedalam gelas ukur yang berisi air sebanyak 500 cc (V1).
- Amati volume air yang berisi pasir (V2), V2 = 650 cc.
- Berat jenis pasir dapat dicari dengan rumus:

$$BJ = \frac{G}{V2-V1}$$

$$BJ = \frac{400}{650 - 500} = 2.67 \text{ gram/cc}$$

e. Pemeriksaan penyerapan air (absorbsi) agregat halus

- Ambil pasir *ssd* sebanyak 200 gram masukkan kedalam van dan ditimbang (B1).
- Masukkan kedalam oven selama 24 jam pada suhu 120^{o}C.
- Ambil pasir dari oven dan masukkan dalam Desikator agar tercapai suhu kamar kemudian ditimbang (B2).
- Absorbsi dapat dicari dengan rumus :

$$\frac{B1 - B2}{B1} \times 100\%$$

	Masuk oven (B1)	Keluar oven (B2)	Masuk oven (B1)	Keluar oven (B2)
Pasir+panci (gram)	273	267.2	282	279.5
Panci (gram)	73	73	82	82
Pasir (gram)	200	194.2	200	197.5
$\frac{(B1 - B2)}{B1} \times 100\%$	2.9 %		1.25 %	
Rata-rata Absorbsi	2.1%			

1.2. Pemeriksaan agregat kasar

a. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar

- Ambil agregat kasar pecahan genteng dalam keadaan *ssd* sebanyak 400 gram (W).
- Masukkan dalam gelas ukur berisi air 500 cc (V1).
- Gelas ukur yang telah berisi air dan pecahan genteng diamati volumenya (V2), V2 = 690 cc.
- Berat jenis pecahan genteng dapat dicari dengan rumus :

PERPUSTAKAAN FAKULTAS TEKNIK

$$BJ = \frac{W}{V2 - V1}$$

$$= \frac{400}{670 - 500} = 2.105 \text{ gram/cc}$$

b Pemeriksaan Berat Jusuk Kering

- Berat cetakan silinder : 7.4 kg
- Ukuran : Diameter (D) = 15 cm
  Tinggi (T) = 30 cm
- Berat silinder + pecahan genteng = 13 kg
- Berat jusuk kering $= \frac{13 - 7.4}{{}^{1}/_{4}.\Pi.D^{2}.T} = 1056.3 \text{ kg/m}^3$

c. Pemeriksaan Absorbsi Agregat Kasar

- Berat pecahan genteng sebelum dioven = 500 gram
- Berat pecahan genteng setelah dioven = 410.5 gram dan 412.5 gram

Hitungan :

- Absorbsi (a) $= \frac{500 - 410.5}{500} \times 100\ \% = 17.9\ \%$

$$= \frac{500 - 412.5}{500} \times 100\ \% = 17.5\ \%$$

- Absorbsi (a) rata-rata = 17.7 %

d. *Tabel Faktor Konversi Beton Ringan Hasil Uji Umur 7 Hari Dan 21 Hari Dibandingkan Dengan PBI 1971-NI2*

Umur (hari)	FAS	Konversi Hasil uji	Konversi rata2 hasil uji	Konversi PBI'71-NI2
7	0.45 0.50 0.55 0.60 0.65	0.50 0.61 0.69 0.69 0.65	0.63	0.65
21	0.45 0.50 0.55 0.60 0.65	0.83 0.98 0.93 0.93 1.01	0.94	0.95

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Lampiran 3

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)
A A S H T O T 96 - 77

Contoh dari : Godean, Yogyakarta. Dikerjakan Oleh :
Jenis Contoh : Pecahan Genteng PWS Sukamto HM
DI TEST TANGGAL : 8 Desember 1994 DIPERIKSA Ir. A. Marzuko
Untuk ~~Proyek~~ : Penelitian Tugas Akhir

JENIS GRADASI			
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)		2576 gram	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} X$ 100 %		48,48 %	

Yogyakarta, 8 Desember 1994
Kaur/ Kepala Lab Jalan Raya FT. UII

FTSP LAB. JALAN RAYA YOGYAKARTA

Ir. Iskandar S.

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
Jl. Demangan Baru No. 24 Phone (0274) 5490 Yogyakarta 55281

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. /199

Pengirim : Banu Rosyid & Ahmad Mustofa
Keperluan : T A., Analisis Kuat Tekan Beton Ringan
Benda uji asal :
Di terima tanggal :

No	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm2)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m3	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm2)	Ket
1.	15.23x15.23x15.14	231.95	6.95	15-12-'94	22-12-'94	1.9791	344	151.2310	Fas 0.55
	14.70x15.12x15.20	222.26	7.10			2.1016	267	122.4973	
	15.05x15.20x15.20	228.76	7.40			2.1282	268	119.4627	
2.	15.21x15.19x15.26	230.99	7.45	10-01-'95	17-01-'95	2.1135	280	123.6070	Fas 0.45
	15.15x15.22x15.10	230.58	7.30			2.0966	255	112.7690	
	15.83x15.20x15.15	240.62	7.30			2.0026	220	93.2326	
3.	15.23x15.23x15.31	231.65	7.50	17-12-'94	17-12-'94	2.1147	244	107.4074	Fas 0.50
	15.18x15.13x15.22	229.67	7.35			2.1027	270	119.8771	
	14.98x15.09x15.27	226.05	7.30			2.1149	267	131.0739	

Keterangan
- Kuat desak rata-rata umur 7 hari = kg/cm2
- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ---------- = kg/cm2

Yogyakarta, 199
Kepala Bagian Lab. BKT.FT. UII

( )

Lampiran 4a

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
Jl. Demangan Baru No. 24 Phone (0274) 5490 Yogyakarta 55281

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. /199

Pengirim : Banu & Mustofa
Keperluan : T A
Benda uji asal :
Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm2)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m3	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm2)	Ket
4.	14.89x15.04x15.31	223.95	7.15	19-12-'94	26-12-'94	2.0854	225	102.4491	Fas 0.60
	14.70x15.26x15.01	222.85	7.10			2.1226	220	100.6669	
	15.21x15.11x15.26	229.82	7.35			2.0958	203	90.0710	
5.	15.01x15.12x15.19	226.95	7.10	20-12-'94	27-12-'94	2.0595	186	83.5710	Fas 0.65
	15.07x15.08x15.18	227.26	7.20			2.0871	184	82.5621	
	15.11x15.24x15.13	230.28	7.20			2.0665	227	100.5211	
6.	15.15x15.04x15.35	227.86	7.35	21-12-'94	28-12-'94	2.1014	262	117.2522	Fas 0.55
	14.92x15.15x15.20	226.04	7.20			2.0956	262	118.1932	(+10%)
	15.27x15.27x15.24	233.17	7.35			2.0684	296	129.4534	
7.	15.09x14.96x14.98	225.75	7.00	22-12-'94	29-12-'94	2.0710	271	122.4104	Fas 0.55
	15.14x15.37x15.41	232.70	7.40			2.0650	397	173.9686	(-10%)
	15.09x15.14x15.43	228.46	7.10			2.0141	290	129.4388	

Keterangan :
- Kuat desak rata-rata umur 7 hari = kg/cm2
- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ———— = kg/cm2

Yogyakarta, 199
Kepala Bagian Lab. BKT.FT. UII

( )

Lampiran 4b

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
Jl. Demangan Baru No. 24 Phone (0274) 5490 Yogyakarta 55281

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. /199

Pengirim : Banu Rosyid & Ahmad Mustofa
Keperluan : Tugas Akhir, Penelitian Beton Ringan

Benda uji asal :
Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm2)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m3	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm2)	Ket
1.	15.18x15.13x15.17	229.67	7.25	15-12-'94	5-01-'95	2.0809	385	170.9358	FAS 0.55
	15.27x15.28x15.03	229.67	7.40			2.1437	430	190.9154	
	14.99x15.07x15.00	225.90	7.25			2.1396	390	176.0456	
2.	15.22x15.28x15.21	232.90	7.30	14-12-'94	4-01-'95	2.0638	393	172.3194	FAS 0.45
	14.92x14.50x14.99	216.34	6.90			2.1277	380	179.1115	
	15.10x15.15x15.22	228.77	7.15			2.0535	440	196.1238	
3.	15.18x15.27x15.23	231.80	7.40	19-12-'94	9-01-'95	2.0962	289	128.5648	FAS 0.60
	15.25x15.21x15.10	231.95	7.35			2.0985	328	144.1970	
	15.06x15.21x15.23	229.01	7.70			2.2074	278	123.7847	

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur 21 hari = kg/cm2
- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ———— = kg/cm2

Yogyakarta, 199
Kepala Bagian Lab. BKT.FT. UII

( )

Lampiran 5a

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
Jl. Demangan Baru No. 24 Phone (0274) 5490 Yogyakarta 55281

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. /199

Pengirim : Mustofa & Banu R

Keperluan : TA. Analisis Beton Ringan

Benda uji asal :

Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm2)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m3	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm2)	Ket FAS
4.	15.21x15.23x15.19	231.65	7.45	17-12-94	7-1-95	2.1172	425	187.0826	0.50
	15.16x15.08x15.05	228.61	7.20			2.0927	452	201.6136	
	14.96x14.95x15.03	223.85	7.05			2.0973	420	191.4948	
5.	15.10x15.18x15.26	229,22	7.30	20-12-94	10-1-95	2.0870	318	141.4657	0.65
	15.22x15.39x15.37	234.19	7.40			2.0554	317	138.0281	
	15.36x15.18x15.20	233.17	7.30			2.0597	315	137.7573	
6.	14.63x15.19x15.19	222.23	7.20	21-12-94	11-1-95	2.1329	400	183.5414	0.55
	15.23x15.19x15.20	229.67	7.50			2.1484	403	178.9276	(+10%)
	14.99x14.93x15.09	223.80	7.40			2.1912	380	173.1411	
7.	15.05x14.76x15.40	222.19	7.20	22-12-94	12-1-95	2.1012	350	160.6276	0.55
	15.09x15.22x15.39	229.65	7.30			2.1105	360	159.8500	(-10%)
	15.21x15.14x15.20	230.28	7.40			2.1141	366	162.0696	

Keterangan :
- Kuat desak rata-rata umur 21 hari = kg/cm2
- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ——————— = kg/cm2

Yogyakarta, 199

Kepala Bagian Lab. BKT.FT. UII

(.....)

Lampiran 5b

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
Jl. Demangan Baru No. 24 Phone (0274) 5490 Yogyakarta 55281

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. /199

Pengirim : A. Mustofa & Banu Rosyid
Keperluan : TA Analisis Beton Ringan

Benda uji asal :
Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm2)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m3	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm2)	Ket FAS
1.	15.09x15.22x15.06	229.67	7.30	13-12-94	10-1-95	2.1105	398	176.7077	0.55
	15.20x15.27x15.22	232.16	7.50			2.1226	440	193.2610	
	15.13x14.73x15.27	231.04	7.15			2.0267	460	203.0240	
2.	15.06x15.08x15.09	227.06	7.20	13-12-94	10-1-95	2.1101	465	208.8281	0.45
	15.27x15.40x15.28	235.00	7.60			2.1165	485	210.4508	
	15.28x15.17x15.26	231.80	7.50			2.1203	550	241.9502	
3.	15.05x15.21x14.98	228.76	7.20	17-12-94	14-1-95	2.1007	435	193.9036	0.50
	15.28x15.19x15.21	232.00	7.40			2.0973	445	195.5909	
	14.47x15.06x14.94	217.97	7.00			2.1492	430	201.1631	

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

Yogyakarta, 199
Kepala Bagian Lab. BKT.FT. UII

(.....)

Lampiran 6a

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
Jl. Demangan Baru No. 24 Phone (0274) 5490 Yogyakarta 55281

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. /199

Pengirim : Ahmad Mustofa & Banu Rosyid

Keperluan : TA, Analisis Beton Ringan

Benda uji asal :

Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm2)	berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m3	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm2)	Ket FAS
4.	15.27x15.31x15.11	233.78	7.30	19-12-94	16-1-95	2.0666	327	142.6320	0.60
	15.10x15.11x14.93	228.80	7.20			2.1077	312	139.0514	
	15.19x15.00x14.99	227.80	7.15			2.0941	325	145.4810	
5.	15.15x15.12x15.05	229.12	7.20	20-12-94	17-1-95	2.0876	290	129.0659	0.65
	14.69x15.15x15.11	222.55	6.90			2.0518	304	139.2909	
	15.00x14.92x15.11	223.85	7.00			2.0699	310	141.2151	
6.	15.25x15.20x15.20	231.80	7.30	21-12-94	18-1-95	2.0722	385	169.3651	0.55
	15.09x14.71x15.11	221.91	7.00			2.0876	410	188.4012	(+10%)
	15.19x15.28x15.32	232.10	7.45			2.0952	425	186.7198	
7.	15.17x15.06x15.38	228.46	7.40	22-12-94	19-1-95	2.1198	370	165.1459	0.55
	15.00x15.00x15.19	225.00	7.20			2.1067	365	165.4196	(-10%)
	15.20x15.14x15.24	230.13	7.40			2.1109	395	175.0267	

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

Yogyakarta, 199

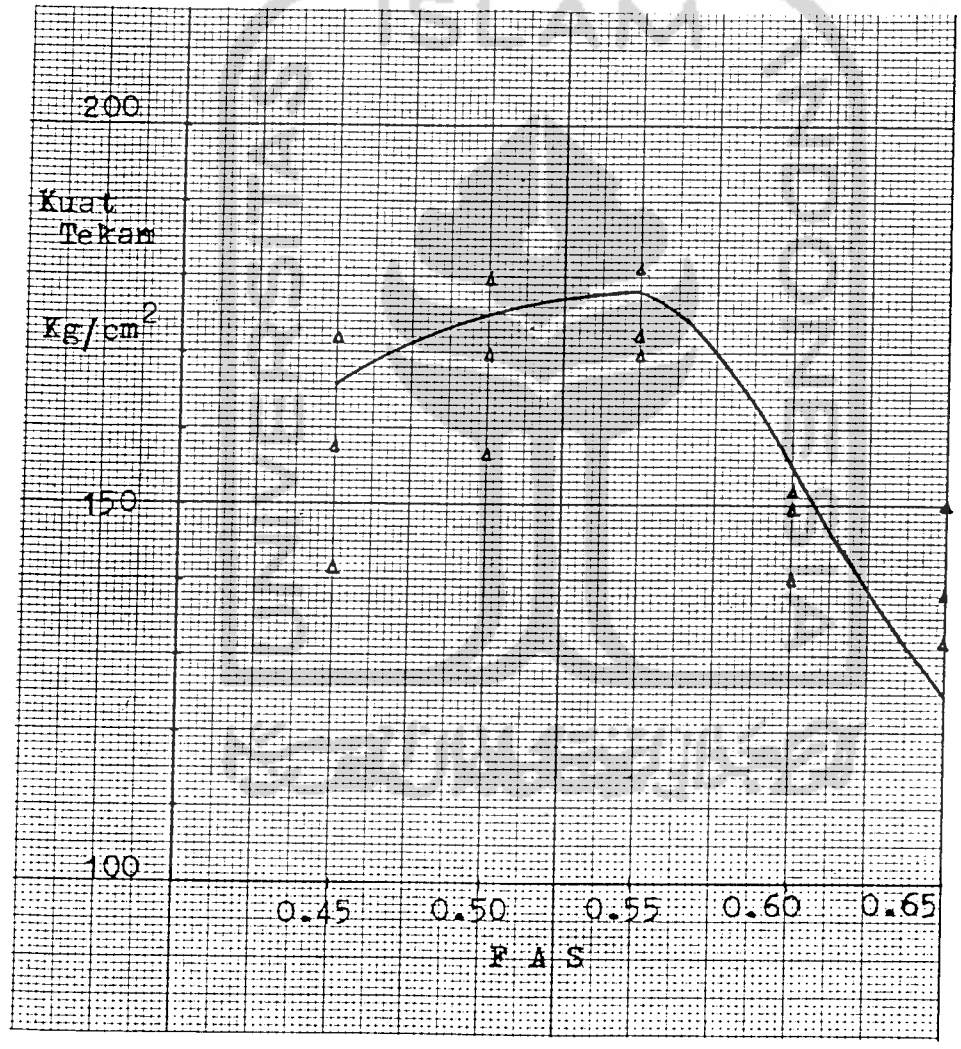
Kepala Bagian Lab. BKT.FT. UII

(.....)

Lampiran 6b

Lampiran 7

Grafik 1. Hubungan Kuat Tekan Beton Ringan Umur 7 Hari Dengan Faktor Air Semen (FAS)



PERPUSTAKAAN

Lampiran 8

Grafik 2. Hubungan Kuat Tekan Beton Ringan Umur 21 Hari Dengan Faktor Air Semen (FAS)

