

## TUGAS AKHIR

# ANALISIS KUAT DESAK BETON RINGAN DENGAN ALWA SEBAGAI AGREGAT KASAR DAN FLY ASH SEBAGAI PENGISI

GAN  
SH



Disusun Oleh :

**SARI INDRIYATI**

No. Mhs. : 90 310 016

NIRM : 900051013114120014

**YUDI HANDOKO**

No. Mhs. : 91 310 213

NIRM : 910051013114120207

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
1997



4. Seluruh karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, jurusan Teknik Sipil, FTSP, Universitas Islam Indonesia.
5. Semua pihak yang telah membantu dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga Allah membalas semua amalnya dan kami berharap penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan tidak hanya menjasi arsip yang tertumpuk terlupakan. Amiin.

Wabillahitaufik wal hidayah

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Oktober 1997

Penyusun

2.6. FAKTOR AIR SEMEN.....	21
2.7. SLUMP.....	23
2.8. WORKABILITY.....	23
2.9. KEKUATAN BETON .....	24
2.10. RENCANA CAMPURAN MENURUT ACI .....	27
<b>BAB III PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN.....</b>	<b>30</b>
3.1. UMUM.....	30
3.2. PERSIAPAN BAHAN DAN MATERIAL.....	30
3.3. PERALATAN PENELITIAN.....	34
3.3.1. <i>Alat uji desak</i> .....	34
3.3.2 <i>Alat pembuat benda uji</i> .....	34
3.4. PERENCANAAN CAMPURAN ADUKAN BETON.....	35
3.5. PEMBUATAN BENDA UJI.....	41
3.6. PERAWATAN BENDA UJI .....	42
3.7. PENGUJIAN BENDA UJI .....	42
3.8. DATA HASIL PENGUJIAN.....	43
3.8.1. <i>Pengujian berat volume</i> .....	43
3.8.2. <i>Hasil pengujian kuat desak beton</i> .....	46
3.8.3. <i>Hasil pengujian Slump</i> .....	49
<b>BAB IV ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>50</b>
4.1. BERAT VOLUME BETON .....	50
4.2. SLUMP.....	52
4.3. KUAT DESAK BETON YANG DISYARATKAN.....	53
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>62</b>
5.1. KESIMPULAN .....	62
5.2. SARAN .....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

No Tabel	Nama Tabel	Hal.
2.1	Tipe dan sifat berbagai jenis beton ringan	10
2.2	Data teknis agregat ALWA	19
2.3	Sifat fisik <i>fly ash</i> ex batu bara	21
2.4	Komposisi kimia <i>fly ash</i> dalam satuan persen berat	21
2.5	Nilai slump untuk berbagai macam struktur	23
2.6	Perbandingan kuat desak beton pada berbagai umur	26
2.7	Faktor pengali untuk deviasi standar bila data benda uji yang tersedia kurang dari 30 buah	27
2.8	Kuat desak beton pada berbagai nilai fas	28
2.9	Volume agregat tiap satuan volume adukan beton	28
2.10	Volume air yang diperlukan tiap m <sup>3</sup> adukan beton untuk berbagai slump dan ukuran agregat maksimum	29
3.1	Gradasi pasir alam asal sungai Progo	31
3.2	Gradasi agregat kasar ALWA	33
3.3	Daftar kebutuhan bahan untuk tiap m <sup>3</sup> adukan	40
3.4	Variasi penambahan <i>fly ash</i> per m <sup>3</sup> adukan beton	41
3.5	Kebutuhan bahan untuk tiap 20 benda uji	41
3.6	Variasi penambahan <i>fly ash</i> untuk tiap 20 benda uji	41
3.7	Berat volume beton dengan variasi penambahan <i>fly ash</i> 0 %	43
3.8	Berat volume beton dengan variasi penambahan <i>fly ash</i> 2 %	44
3.9	Berat volume beton ALWA dg variasi penambahan <i>fly ash</i> 0 %	44
3.10	Berat volume beton ALWA dg variasi penambahan <i>fly ash</i> 1 %	45
3.11	Berat volume beton ALWA dg variasi penambahan <i>fly ash</i> 2 %	45
3.12	Berat volume beton ALWA dg variasi penambahan <i>fly ash</i> 3 %	46

3.13	Kuat desak beton dengan variasi penambahan <i>fly ash</i> 0 %	46
3.14	Kuat desak beton dengan variasi penambahan <i>fly ash</i> 2 %	47
3.15	Kuat desak beton ALWA dg variasi penambahan <i>fly ash</i> 0 %	47
3.16	Kuat desak beton ALWA dg variasi penambahan <i>fly ash</i> 1 %	48
3.17	Kuat desak beton ALWA dg variasi penambahan <i>fly ash</i> 2 %	48
3.18	Kuat desak beton ALWA dg variasi penambahan <i>fly ash</i> 3 %	49
3.19	Hasil pengujian slump tiap adukan dalam cm	49
4.1	Daftar berat volume beton pada tiap variasi penambahan <i>fly ash</i>	51
4.2	Nilai slump pada berbagai variasi campuran	52
4.3	Faktor pengali untuk deviasi standar bila data tersedia kurang dari 30 buah	55
4.4	Faktor umur beton	55
4.5	Kuat desak beton yg disyaratkan dg variasi penamb <i>fly ash</i> 0 %	56
4.6	Kuat desak beton yg disyaratkan dg variasi penamb <i>fly ash</i> 2 %	56
4.7	Kuat desak beton ALWA yg disyaratkan dg variasi penambahan <i>fly ash</i> 0 %	57
4.8	Kuat desak beton ALWA yg disyaratkan dg variasi penambahan <i>fly ash</i> 1 %	57
4.9	Kuat desak beton ALWA yg disyaratkan dg variasi penambahan <i>fly ash</i> 2 %	58
4.10	Kuat desak beton ALWA yg disyaratkan dg variasi penambahan <i>fly ash</i> 3 %	58
4.11	Kuat desak yang disyaratkan ( $f_c'$ )	59
4.12	Prosentase kuat desak dari kuat desak rencana	60

## DAFTAR GAMBAR

No Gambar	Nama Gambar	Hal.
2.1	Perkiraan berat jenis dan penggolongan beton ringan dari berbagai agregat pada umur 28 hari	11
2.2	Hubungan antara kuat desak beton dengan faktor air semen	22
3.1	Gradasi Pasir alam asal sungai Progo	32
3.2	Gradasi agregat kasar ALWA	33
4.1	Grafik hubungan antara berat volume beton dengan variasi penambahan <i>fly ash</i>	51
4.2	Grafik hubungan antara nilai slump dengan variasi penambahan <i>fly ash</i>	53
4.3	Hubungan antara kuat desak beton pada umur 28 hari dengan variasi penambahan <i>fly ash</i>	59
4.4	Grafik hubungan antara kuat desak beton ringan dengan berat volume	60

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Uraian
1	Hasil kuat desak kubus beton (data laboratorium)

## ABSTRAKSI

Beton ringan ("light weight concrete") dapat dihasilkan salah satunya dengan penggunaan agregat ringan dalam campurannya, baik agregat alami maupun buatan seperti batu apung, fly ash, aglite, foamed slag ataupun leca. Berat beton yang ringan itu didapat dari kandungan pori dalam beton atau dalam agregatnya.

ALWA dibuat dari bahan lempung sedimen yang dapat mengembang("expanded clay") sehingga dapat disetarakan dengan Leca. Pada tahap persiapan pembuatan ALWA, lempung dipecah menjadi bagian-bagian kecil dengan diameter 0,5 sampai 2,0 cm, kemudian dikeringkan dan dibakar secara cepat (5 - 10 menit) dalam tungku yang dapat berputar dengan suhu  $500^{\circ}$  -  $1200^{\circ}$  C. Bahan dasar ALWA didapat dari penggalian lempung dari pinggiran maupun tengah sepanjang sungai Tajum, Wangon, kabupaten Cilacap.

Kemampuan beton untuk menerima beban dipengaruhi oleh tingkat kepadatan beton, semakin padat suatu campuran beton semakin besar kemampuan beton mendukung beban. Untuk meningkatkan kepadatan beton digunakan fly ash yang berbutir halus dan mempunyai sifat pozolan sebagai bahan pengisi. Fly ash didapat dari sisa pembakaran batu bara sebagai bahan bakar pada Pusat Listrik Tenaga Uap.

Dari hasil penelitian, beton yang menggunakan agregat kasar ALWA dengan penambahan fly ash terhadap volume campuran mempunyai berat volume lebih kecil dari persyaratan sebagai beton ringan yaitu  $1900 \text{ kg/m}^3$  sehingga dapat digolongkan sebagai beton ringan dan mengalami kenaikan kuat desak dibanding campuran tanpa penambahan fly ash. Kuat desak maksimum yaitu 21,5887 Mpa dicapai pada penambahan fly ash optimum sebanyak 2 % terhadap volume campuran.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Permasalahan**

Di Indonesia saat ini pembangunan sedang berlangsung dengan pesatnya. Pemakaian bahan lokal sebagai bahan bangunan untuk melaksanakan pembangunan fisik sangat disarankan untuk penghematan biaya. Teknologi pembuatan beton sebagai bahan struktur tidaklah bersifat statis saja, tetapi terus berkembang sejalan dengan lajunya pembangunan khususnya di bidang konstruksi. Oleh karena itu perlu adanya penelitian-penelitian untuk mendapatkan temuan-temuan dan alternatif baru dalam pembuatan beton.

Pemilihan beton sebagai salah satu alternatif bahan utama struktur bangunan, disebabkan beton relatif mudah dikerjakan. Selain itu, penggunaan beton pada bangunan meningkatkan kepraktisan dan kekuatan bangunan bila dibandingkan dengan penggunaan pasangan batu bata pada pasangan rolag, kolom dan balok.

Pada suatu struktur bangunan, dimensi beton sangat dipengaruhi oleh beban struktur dan mutu beton yang direncanakan. Dimensi struktur beton dapat dikecilkan dengan menurunkan beban struktur pada mutu beton yang sama atau dengan meningkatkan mutu beton rencana pada beban struktur yang sama. Beban yang bekerja pada struktur meliputi antara lain: beban hidup, beban mati, beban akibat berat sendiri dan beban sementara.

Dimensi struktur yang besar akan membutuhkan daya dukung tanah yang besar. Pada tanah lunak dengan daya dukung tanah yang kecil akan membutuhkan biaya yang tidak sedikit dalam pembuatan pondasinya. Hal ini dapat diatasi dengan cara memberikan dimensi beton yang lebih kecil tetapi masih mampu menahan beban yang bekerja misalnya dengan penggunaan beton prategang.

Tetapi penggunaan beton prategang membutuhkan teknologi tinggi dan biaya yang besar.

Melihat kondisi tersebut, timbul pemikiran untuk mendapatkan berat struktur yang lebih kecil dengan dimensi dan mutu beton sesuai perencanaan, sehingga diharapkan dapat menekan anggaran biaya. Berat bangunan dapat dikurangi dengan memperkecil berat struktur, sedangkan untuk mengurangi berat sendiri struktur dibutuhkan berat volume beton yang lebih kecil.

Agar mendapatkan volume beton yang kecil atau beton ringan, dibutuhkan agregat penyusun beton yang memiliki berat jenis kecil. Disini penyusun mencoba menggunakan agregat kasar ALWA (*Artificial Light Weight Agregate*) sebagai pengganti agregat kasar yang biasa dipakai pada beton normal. ALWA memiliki berat jenis yang relatif ringan sehingga dimungkinkan sekali mendapatkan beton dengan berat volume yang ringan. ALWA dibuat dari bahan lempung sedimen yang dapat berkembang (*expanded clay*) sehingga dapat disetarakan dengan jenis agregat ringan LECA (*Light Weight Expanded Clay*). Pada tahap persiapan pembuatan ALWA, lempung dipecah menjadi bagian-bagian kecil dengan diameter 0,5 cm sampai 2,0 cm kemudian dikeringkan dan dibakar secara cepat (5 - 10 menit) dalam tungku pembakaran yang dapat berputar dengan suhu 500° - 1200° C atau lebih. Bahan dasar ALWA digali dari pinggiran dan tengah sepanjang sungai Tajum, Wangon, kabupaten Cilacap.

Beton merupakan bahan bangunan yang disusun dari semen, agregat kasar, agregat halus dan air serta bahan tambah (*additive*) bila dikehendaki sifat-sifat khusus. Kekuatan beton dipengaruhi oleh perbandingan bahan susun yang digunakan, oleh karena itu dengan mengatur perbandingan bahan susun beton dapat dihasilkan kuat desak beton yang bervariasi sesuai dengan perencanaan. Agar dihasilkan kuat desak beton yang sesuai dengan perencanaan diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat atau tidaknya campuran bahan

susun beton tersebut. Semakin kecil rongga (kandungan udara) yang dihasilkan dalam campuran beton, makin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan.

Untuk mengurangi pori-pori pada beton akan dicoba pemanfaatan limbah pembakaran batu bara yang berupa bubuk mineral aktif dan biasa disebut abu terbang atau *fly ash*, beberapa negara-negara berkembang sudah menggunakan standar spesifikasi abu terbang untuk beton karena mempunyai sifat pozolan yang baik. Unsur kimia terbanyak dalam *fly ash* adalah  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  masing-masing 59,99%, 30,55% dan 3,59% dalam persen berat sedang sisanya ditempati oleh unsur  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{SO}_3$  sampai 100%. Dengan komposisi seperti demikian *fly ash* memenuhi standar persyaratan pozolan menurut ASTM yaitu kandungan berat minimum sebesar 70% untuk unsur-unsur  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Butir-butir *fly ash* sangat kecil yaitu 90% lolos saringan nomor 325 diharapkan dapat mengisi pori-pori mortar. Dari sifat kimia dan fisik ini diharapkan dapat memperbaiki mutu beton yang dibuat.

## 1.2. Pokok Masalah

1. Apakah penambahan *fly ash* berpengaruh terhadap berat jenis beton ringan yang mempergunakan ALWA sebagai agregat kasar.
2. Apakah mutu beton normal dan beton ringan dapat diperbaiki dengan penambahan *fly ash*.
3. Berapa penambahan optimum *fly ash* yang dapat memperbaiki mutu beton.

## 1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui berat jenis beton yang dihasilkan.
2. Mengetahui kuat desak beton bila menggunakan agregat ALWA, tanpa dan dengan penambahan *fly ash*.
3. Mengetahui kuat desak beton normal yang menggunakan kerikil sebagai agregat, tanpa dan dengan penambahan *fly ash*.
4. Mendapatkan variasi optimum penambahan *fly ash* pada campuran beton yang diharapkan dapat memperbaiki mutu beton.

#### 1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini dititikberatkan sesuai dengan tujuan penelitian. Agar pembahasan tidak meluas, maka diberikan batasan-batasan masalah yang meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Variasi penambahan *fly ash* 0 % sampai 3 % terhadap volume beton dengan interval 1 %.
2. Nilai *f* diambil diantara nilai-nilai 0,4 sampai 0,5 dengan memperhatikan kemudahan pelaksanaan.
3. Pengujian desak beton dilakukan setelah umur 14 dan 28 hari.
4. Agregat kasar yang digunakan adalah ALWA yang didapat dari pembakaran lempung dari daerah sepanjang sungai Tajum, Wangon, Cilacap.
5. Agregat kasar untuk beton normal digunakan kerikil dari sungai Progo Yogyakarta.
6. Agregat halus digunakan pasir yang diambil dari sungai Progo Yogyakarta.
7. *Fly Ash* sebagai bahan pengisi berasal dari sisa pembakaran batu bara pada proyek PLTU di Suralaya, Banten.
8. Semen yang digunakan adalah semen Nusantara kelas I.

#### 1.5. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksperimental dan dilakukan untuk mencari pemecahan masalah. Agar penelitian berjalan runtut, terarah dan lancar maka digunakan metode penelitian dalam pelaksanaannya. Metode penelitian yang digunakan akan disesuaikan dengan prosedur, alat dan jenis penelitian sbb :

1. Penelitian dilakukan dengan membandingkan kuat desak beton ringan dan beton normal pada berbagai variasi penambahan *fly ash*.
2. Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain :
  - cetakan kubus
  - bak pengaduk beton kedap air
  - satu set alat pemeriksaan slump
  - timbangan, mesin pencampur beton

- satu set ayakan
  - mesin uji desak beton
  - kaliper dan alat bantu lainnya
3. Penentuan benda uji sebanyak 120 (seratus duapuluh) buah kubus beton ukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$  dengan pembagian :
    - 40 buah benda uji untuk beton normal dengan dua variasi penambahan *fly ash* sebesar 0 % dan 2 % terhadap volume campuran masing-masing 20 buah.
    - 80 buah benda uji untuk beton ringan dengan empat variasi penambahan *fly ash* yaitu 0 %, 1 %, 2 % dan 3 % terhadap volume campuran masing-masing 20 buah.
  4. Pengujian tekan beton akan dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan membagi dua tiap variasi campuran.
  5. Rencana campuran beton berdasarkan metode ACI (*American Concrete Insitute*) dengan mutu rencana K-225.
  6. Analisa data hasil penelitian menggunakan statistik dengan metoda perbandingan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Umum**

Beton sebagai bahan bangunan yang digunakan secara luas diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat pada perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah (bisa berupa bahan kimia, serat sampai bahan buangan nonkimia). Hasil campuran tersebut bila dituang ke cetakan kemudian didiamkan maka lama kelamaan akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi karena reaksi yang terjadi antara air dan semen sedang peristiwa tersebut berjalan dalam jangka waktu panjang sehingga campuran tersebut bertambah keras setara dengan umurnya. Beton yang mengeras dapat dianggap sebagai batu tiruan, yang tersusun dari agregat kasar (kerikil atau batu pecah) dan agregat halus (pasir) yang mengisi rongga-rongga antara butiran yang lebih besar serta pasta semen yang mengisi rongga-rongga kecil antara butiran pasir.

Dalam adukan beton, semen dan air membentuk pasta yang disebut pasta semen. Pasta semen ini selain mengisi pori-pori antara butiran agregat halus dan agregat kasar juga berfungsi sebagai pengikat sehingga terbentuk suatu massa yang kompak dan kuat.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan baik oleh lembaga profesional maupun hasil penelitian Tugas Akhir jenjang S-1, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan PU Cilacap, agregat ringan ALWA mulai diperkenalkan sebagai proyek percontohan untuk diuji coba untuk dimanfaatkan secara luas terutama sebagai agregat beton ringan. Selain untuk mengetahui data teknis juga tidak menutup kemungkinan produksi skala terbatas. Beton ringan dengan ALWA dapat digunakan sebagai beton struktural cor setempat, beton

pracetak, komponen bangunan maupun jalan dan penggunaan lainnya. Dari kenyataan tersebut ternyata kemampuan beton ringan dengan ALWA belum diusahakan sebagai beton struktural atau beton kemampuan tinggi.

Salah satu penelitian Tugas Akhir untuk jejang S-1 oleh Hidayanto dan Heri Ismayanto, FTSP UII yang melibatkan ALWA sebagai alternatif agregat kasar pada beton ringan didapat kuat tekan beton pada umur 28 hari dapat mencapai  $210,7901 \text{ kg/cm}^2$  pada fas 0,4450 dan berat jenis kurang dari  $1900 \text{ kg/cm}^3$ . Dari hasil tersebut beton ringan dengan ALWA sebagai agregat kasar dapat digolongkan kedalam beton struktur. Penelitian tersebut tidak menutup kemungkinan untuk dikembangkan dan ditindaklanjuti agar dapat diketahui kemampuan optimal ALWA sebagai agregat ringan, diantaranya kemungkinan dipakai sebagai beton mutu tinggi.

✓ Peningkatan kemampuan atau mutu beton yang sejalan dengan pengurangan fas yang dipergunakan berlaku juga pada beton ringan ini. Usaha lain adalah dengan memanfaatkan fenomena bahwa semakin padat mortar beton atau semakin kecil pori-pori yang ada semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan. Pada mortar beton, semen dan air yang berupa pasta mengikat agregat halus dan kasar dengan masih menyisakan rongga atau pori-pori yang tidak dapat tertutup atau terisi oleh butiran semen. Ruang yang tidak ditempati butiran semen merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan dan disebut kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton telah mengeras sehingga beton akan mempunyai sifat tembus air yang besar, akibatnya kekuatan berkurang (A. Antono, 1988), rongga ini dapat dikurangi dengan penggunaan bahan tambah meski penambahan ini akan menambah biaya pelaksanaan. Bahan tambah ini merupakan bahan khusus yang ditambahkan dalam mortar sebagai pengisi dan pada umumnya berupa bahan kimia organik dan bubuk mineral aktif (Murdock dan Brook, 1986).

Keadaan tersebut akan diangkat oleh penyusun pada penelitian ini dengan memanfaatkan limbah pembakaran batu bara proyek PLTU di Suralaya, Banten, sebagai bahan pengisi untuk memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozolan dari *fly ash* untuk memperbaiki mutu beton.

Dari makalah seminar oleh Bambang Ismanto pada Seminar Mekanika Bahan bertema Stabilitas Abu Terbang Suralaya disebutkan sifat-sifat pozolan dari abu terbang atau *fly ash* memenuhi persyaratan pozolan standar ASTM yaitu kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  minimum 70% berat. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian pengaruh penambahan *fly ash* dan pada penambahan berapa sifat fisik maupun kimia dari *fly ash* ini dapat dioptimalkan untuk peningkatan mutu beton dalam hal ini beton ringan dan seberapa pengaruhnya terhadap berat jenis betonnya.

## 2.2. Beton Ringan

Berdasarkan berat volumenya, beton digolongkan menjadi 3 golongan (SK SNI T-15 - 1991), yaitu :

1. Beton Ringan,  
yaitu beton yang mempunyai berat volume tidak lebih dari  $1900 \text{ kg/m}^3$ .
2. Beton Normal,  
yaitu beton dengan berat volume antara  $2200 \text{ kg/m}^3$  sampai  $2500 \text{ kg/m}^3$ .
3. Beton Berat,  
yaitu beton yang mempunyai berat volume lebih besar dari  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

Beton ringan sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan-bahan penyusun beton itu sendiri terutama berat jenis agregatnya. Untuk mendapatkan berat jenis yang ringan dapat ditempuh beberapa cara, misalnya dengan memanfaatkan kandungan udara dalam beton maupun agregatnya. Beton menjadi ringan disebabkan oleh kandungan udara dalam beton didapat dengan tiga cara (Lydon F.D, 1979), yaitu :

1. Gelembung udara yang berukuran agak kasar yaitu sekitar 1 mm sampai dengan 3 mm yang terdapat dalam mortar.
2. Rongga udara yang terdapat diantara partikel agregat kasar yang terikat oleh lapisan tipis pasta semen.
3. Rongga udara dalam partikel agregat itu sendiri yang biasanya terdapat dalam agregat ringan.

Beton ringan sendiri berdasarkan berat volume kering udara pada umur 28 hari dapat digolongkan menjadi 3 golongan (Chu-kia Wang dan Salmon, 1993), yaitu :

1. Beton dengan kepadatan rendah,  
yaitu beton yang mempunyai berat volume antara  $350 \text{ kg/m}^3$  sampai dengan  $1800 \text{ kg/m}^3$ .
2. Beton dengan kepadatan medium,  
yaitu beton yang mempunyai berat volume antara  $800 \text{ kg/m}^3$  sampai dengan  $1350 \text{ kg/m}^3$ .
3. Beton untuk konstruksi,  
yaitu beton yang mempunyai berat volume antara  $1350 \text{ kg/m}^3$  sampai dengan  $1900 \text{ kg/m}^3$ .

Beton ringan (*Light Weight Concrete*) digunakan untuk berbagai tujuan, seperti penggunaan sebagai penyekat, sebagai bahan pengisi yang mempunyai kekuatan menengah dan untuk penggunaan elemen struktur. Untuk penggunaan terakhir yang dikenal dengan beton struktur beragregat ringan didefinisikan sebagai beton yang pada usia 28 hari mempunyai kekuatan tekan lebih besar dari  $225 \text{ kg/cm}^2$ .

Di Amerika Serikat telah ditetapkan bahwa beton ringan untuk struktur harus mempunyai kuat desak lebih besar dari  $170 \text{ kg/cm}^2$  pada umur 28 hari dengan berat jenis  $1400 - 1800 \text{ kg/m}^3$  dan beton ringan untuk bahan isolasi atau dinding penyekat mempunyai kuat desak antara  $7 - 70 \text{ kg/cm}^2$  dengan berat jenis kurang dari  $800 \text{ kg/m}^3$  (A.M.Neville, 1975).

Tipe dari berbagai jenis beton ringan, sifat-sifat dan kuat desaknya dapat dilihat pada tabel 2.1. (L.J. Murdock dan K.M. Brook, 1991) berikut ini :

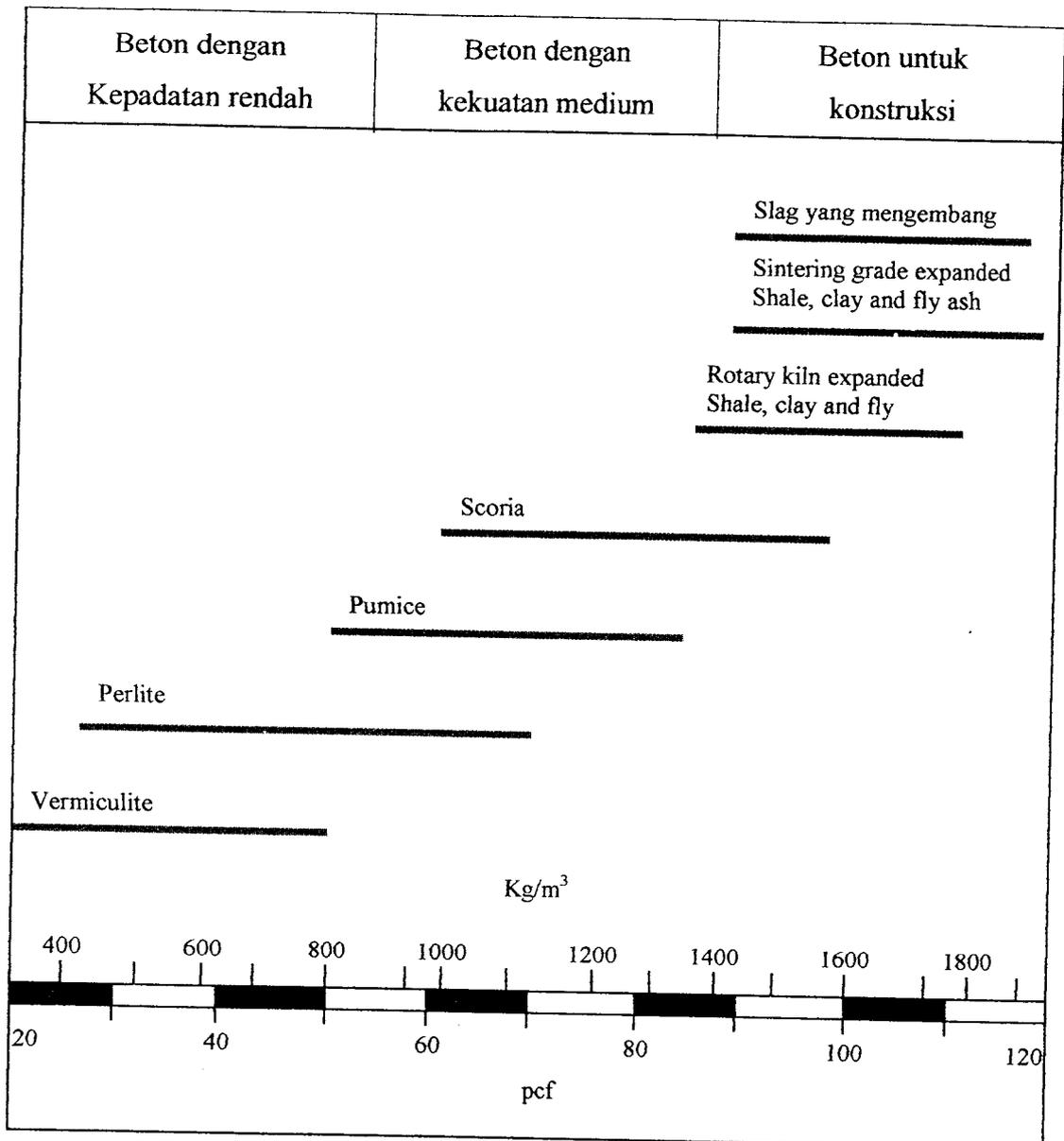
Tabel 2.1 Tipe dan sifat berbagai jenis beton ringan

Tipe beton ringan	Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Penyusutan kering	Mudah atau tidak untuk dikerjakan	Kuat atau tidak bila dipaku atau disekrup
Tepung abu bakar yang dikeraskan	1360-1760	142,76-428,28	0,04-0,07	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Batu tulis atau tanah liat yang dikembangkan ( <i>Aglite &amp; Leca</i> )	1360-1840	142,76-428,28	0,04-0,07	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Busa arang ( <i>foamed slag</i> )	1680-2080	107,07-428,28	0,24-0,93	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Batu apung	720-1440	20,39-142,76	0,21-0,60	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Clinker (butiran yang mengeras)	1040-1520	20,39-71,38	0,04-0,08	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Adukan semen yang dicampur dengan udara ( <i>aerated</i> )	400-960	14,28-49,97	0,05-0,18	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Beton tanpa butiran halus : a. Perbandingan volume 1:8 (semen:agregat) b. Perbandingan volume 1:6 (semen:agregat)	1600-1840	35,69-112,17 24,76-31,61	0,02-0,03 Tergantung agr yg digunakan	Sukar dikerjakan Mudah dikerjakan	Diperlukan blok yang dipasang pada betonnya

Beton struktural yang mengandung agregat ringan digolongkan menjadi 2 golongan (SK SNI T-15, 1991), yaitu :

1. Beton ringan total (*All low density concrete*),  
yaitu beton yang menggunakan agregat ringan secara keseluruhan, baik agregat kasar maupun agregat halus.
2. Beton ringan berpasir (*Sand low density concrete*)  
yaitu beton ringan yang menggunakan agregat halus pasir alami.

Berat jenis beton ringan dalam pembuatannya dipengaruhi oleh berat jenis agregatnya. Berat jenis beton ringan yang dihasilkan oleh berbagai jenis agregat dapat dilihat pada gambar 2.1. Dari gambar tersebut dapat diperkirakan berat jenis beton ringan menurut agregat yang digunakan dan sebaliknya.



Grafik 2.1. Perkiraan Berat Jenis dan Penggolongan Beton Ringan dari berbagai agregat pada umur 28 hari

## 2.3. Material Penyusun Beton Ringan

### 2.3.1. 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 dimaksud untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan jadi yang mengeras dengan adanya air dan dinamakan semen hidrolis. Fungsi semen itu sendiri adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat dan kuat, selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Semen mengisi kira-kira 10% dari volume beton .

Semen hidrolis terdiri dari silikat dan *lime* yang terbuat dari batu kapur dan tanah liat (batu tulis) yang dicampur dan dibakar dalam pembakaran kapur (klin) kemudian dihancurkan menjadi tepung. Semen ini bereaksi secara kimia dengan air (*hydration*) untuk membentuk massa yang mengeras. Semen hidrolis yang biasa dipakai untuk beton bertulang adalah semen portland, dinamakan demikian karena setelah mengeras mirip dengan batu portland yang ditemukan di dekat Dorset, Inggris. Nama ini memperoleh hak paten untuk Joseph Aspdin dari Leeds, Inggris pada tahun 1824.

Kandungan semen portland terdiri dari kapur, silika dan alumina dengan perbandingan tertentu ketiga bahan tersebut dicampur dan dibakar pada suhu 1550°C sehingga menjadi klinker. Setelah itu dikeluarkan, didinginkan dan dihaluskan menjadi bubuk yang halus. Sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan biasa ditambahkan gips kira-kira 2 sampai 4 persen. Bahan tambah lain kadang dibutuhkan untuk membentuk semen khusus, misalnya : kalsium klorida untuk mempercepat proses pengerasan.

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

1. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

5. Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Agar terjadi proses hidrasi secara lengkap pada sejumlah semen, menurut H. Rusch diperlukan jumlah air yang beratnya kurang lebih 25% dari berat semen tersebut. Namun demikian untuk memungkinkan gerak air dalam adukan semen selama berlangsungnya proses hidrasi sehingga air tersebut dapat tercampur merata dengan partikel-partikel semen masih memerlukan tambahan air sebanyak 10% - 15%. Hal ini membuat perbandingan berat minimum air dengan semen adalah 0,35 – 0,45.

Beton yang dibuat dengan semen portland umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup agar acuan dapat dibongkar dan beban konstruksi dapat dipikul. Kekuatan rencana beton tersebut dicapai dalam waktu sekitar 28 hari. Pada adukan yang telah mengeras kekuatan akan berkurang dan berbanding terbalik dengan volume total yang diisi oleh pori-pori atau dinyatakan dengan cara lain bahwa kekuatan tersebut akan bertambah dan berbanding lurus dengan bagian volume yang padat. Hal ini terjadi karena bagian yang padat saja bukan bagian yang berongga yang memikul beban.

Pada penelitian ini dipakai semen Nusantara yang termasuk semen portland jenis I dalam kemasan 50 kg yang ada di pasaran.

### **2.3.2. Agregat**

Agregat adalah bahan penyusun beton yang saling diikat oleh perekat semen. Dalam struktur beton, agregat menempati kurang lebih 70 - 75% dari volume massa yang telah mengeras. Umumnya agregat diklasifikasikan sebagai agregat halus dan agregat kasar (Athur H. Nilson dan George Winter, 1993).

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 5,0 mm (Kusuma Gideon dan WC. Vis, 1993). Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1993) yaitu :

#### **1. 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 walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

## 2. 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 butiran yang bulat.

## 3. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

Dalam penelitian ini digunakan pasir yang berasal dari Sungai Progo, Yogyakarta.

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu dengan ukuran 5 - 40 mm (Kusuma Gideon dan WC. Vis, 1993). Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 golongan (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1993), yaitu :

### 1. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara  $2,5 - 2,7 \text{ gr/cm}^3$ , agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar  $2,3 \text{ gr/cm}^3$ .

### 2. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari  $2,8 \text{ gr/cm}^3$ , misalnya Magnetik ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), Barit ( $\text{BaSO}_4$ ) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai  $5 \text{ gr/cm}^3$ , penggunaannya sebagai dinding pelindung radiasi.

### 3. Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari  $2,0 \text{ gr/cm}^3$  yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding

beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih kecil.

Agregat kasar harus memenuhi persyaratan gradasi yang disyaratkan. Apabila butir-butir agregat mempunyai gradasi yang sama atau seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya bila ukuran butirnya bervariasi atau bergradasi baik maka akan didapat volume pori yang kecil. Hal ini terjadi karena butir agregat yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori menjadi sedikit atau dengan kata lain kemampatannya tinggi. Pada pelaksanaan beton diinginkan komposisi butiran dengan kemampatan 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 (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1993) :

1. 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 dengan syarat bagian yang hancur lolos ayakan 1,7 mm maksimum adalah 50%.
2. 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 1%. Jika agregat mengandung kotoran lebih dari batas-batas maksimum maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum dipakai.
3. Tidak mengandung garam yang mengisap air dari udara.
4. Tidak mengandung zat organik.
5. 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 sedikit.
6. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca.
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat harus mempunyai tingkat reaktif yang negatif terhadap alkali.
8. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20% dari berat keseluruhan.

### 2.3.3. Agregat Ringan

Agregat ringan dibedakan dalam 2 kelompok (A.M. Naville, 1975), yaitu :

#### 1. Agregat Alami

Agregat alami adalah agregat yang langsung dihasilkan dari alam, misalnya batu-batuan yang dihasilkan gunung berapi yaitu batu apung (*pumice*), *scoria*, *vulcanic cinder*. Agregat alami ini hanya ditemukan di beberapa wilayah atau daerah tertentu jadi penggunaannya kurang luas.

#### 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  $1000^{\circ}\text{C}$  sampai  $1200^{\circ}\text{C}$ . Bahan yang dihasilkan berbentuk bulat keras tetapi ringan karena di dalamnya berpori. Berat jenis berkisar antara 650 sampai  $900\text{ kg/m}^3$ , sedangkan beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis sampai  $1800\text{ kg/m}^3$ .

##### b. *Aglite, Lytag*

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

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

##### c. *Foamed Slag*

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

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 g bervariasi, berpori, berwarna coklat atau hitam.

*Fly Ash* diproduksi sejak awal tahun 1950 dan jika dipakai sebagai agregat beton, kuat tekan yang dihasilkan sekitar  $415 \text{ kg/m}^3$ .

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 karena lebih banyak terisi bahan yang mudah terbakar. Berat jenisnya berkisar antara 1100 sampai  $1400 \text{ kg/m}^3$ . Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis antara  $1750$  sampai  $1850 \text{ kg/m}^3$ .

Agregat ringan umumnya mempunyai daya serap air yang tinggi, sehingga dalam pengadukan beton cepat keras walaupun hanya dalam beberapa menit saja setelah pencampuran. Untuk itu perlu diadakan pembasahan agregat terlebih dahulu sebelum pengadukan sehingga agregat mencapai keadaan SSD. Agregat kasar ringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ALWA, yaitu hasil pembakaran lempung sedimen yang dapat mengembang (*expanded clay*) sehingga termasuk agregat ringan buatan jenis *LECA*.

#### 2.3.4. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting walau harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 30% dari berat semen, namun pada kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas dengan catatan penambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah dan

menghasilkan beton yang porous. Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan membentuk lapisan tipis (*laitance*) yang mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah.

Air yang memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai campuran beton adalah air minum, tetapi tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi persyaratan air minum. Secara umum air yang dapat dipakai untuk pencampur beton ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% dari kekuatan beton yang memakai air suling. Kekuatan beton dan daya tahannya berkurang jika air mengandung kotoran, kotoran ini berpengaruh 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 :

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

Untuk perawatan, dapat digunakan pula air yang sama 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 perawatan cukup lama.

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang memenuhi persyaratan diatas yang diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

## 2.4. ALWA

Agregat kasar ringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ALWA (*Artificial Light Weight Agregate*) yang merupakan agregat buatan. ALWA memiliki berat jenis yang relatif ringan sehingga dimungkinkan sekali mendapatkan beton dengan berat volume ringan. ALWA dibentuk dari lempung sedimen yang dapat mengembang (*expanded clay*) sehingga dapat disetarakan dengan jenis agregat ringan *LECA*. Pada proses pembuatan ALWA, langkah persiapan adalah memecah lempung menjadi bagian-bagian kecil dengan diameter 0,5 sampai 2,0 cm kemudian dikeringkan secara cepat (5 - 10 menit) dalam tungku yang dapat berputar dengan suhu antara 500°C sampai dengan 1200°C atau lebih. Bahan dasar lempung digali dari pinggiran dan tengah sepanjang sungai Tajum, Wangon, kabupaten Cilacap.

Karena berat jenisnya ringan maka memungkinkan sekali untuk mendapatkan beton dengan berat volume yang ringan. Data teknis ALWA dicantumkan pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Data teknis agregat ALWA

DATA TEKNIS ALWA		KOMPOSISI KIMIA ALWA	
Unit Weight	0,45 – 0,75 Kg/lt	Si O <sub>2</sub>	55,00 %
Absolut Dry Gravity	0,75 – 1,20	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,40 %
Water Absorbtion (24 h)	16,50 – 20,00	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,80 %
Solid Volume	58,00 – 62,00 %	MgO	2,40 %
Floating Content	3,00 – 91,00 %	Ca O	1,80 %
Fineness Modulus (FM)	6,00 – 7,00 %	Na <sub>2</sub> O	2,00 %
Crushing Test 4.T.10	48,00 – 53,00 %	K <sub>2</sub> O	2 – 3 %

## 2.5. Fly Ash

*Fly Ash* (abu terbang) umumnya diperoleh dari sisa pembakaran Pusat Listrik Tenaga Uap, yang mempergunakan batu bara sebagai sumber energi. Sisa pembakaran berupa partikel halus, keluar bersama-sama gas buang. Partikel halus

ini dikenal dengan nama *fly ash* (abu terbang), sedang sisa pembakaran yang berupa yang berupa butiran kasar keluar melalui bagian bawah disebut *bottom ash*. Pada penelitian ini *fly ash* akan digunakan sebagai bahan tambah (*mineral admixture*) yang berfungsi sebagai bahan pengisi adukan beton.

Peningkatan kemampuan atau mutu beton dengan memanfaatkan fenomena bahwa semakin padat mortar beton atau semakin kecil pori-pori yang ada semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan bahan pengisi sebagai bahan tambah. Pada mortar beton, semen dan air yang berupa pasta mengikat agregat halus dan kasar dengan masih menyisakan rongga atau pori-pori yang tidak dapat tertutup atau terisi oleh butiran semen. Ruang yang tidak ditempati butiran semen merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan dan disebut kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton telah mengeras sehingga beton akan mempunyai sifat tembus air yang besar, akibatnya kekuatan berkurang (A. Antono, 1988), rongga ini dapat dikurangi dengan penggunaan bahan tambah meski penambahan ini akan menambah biaya pelaksanaan. Bahan tambah ini merupakan bahan khusus yang ditambahkan dalam mortar sebagai pengisi dan pada umumnya berupa bahan kimia organik dan bubuk mineral aktif (Murdock dan Brook, 1986).

Penelitian ini memanfaatkan *fly ash* limbah pembakaran batu bara proyek PLTU di Suralaya, Banten, sebagai bahan pengisi untuk memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozolan dari *fly ash* untuk memperbaiki mutu beton.

Abu terbang atau *fly ash* harus memenuhi persyaratan pozolan dan persyaratan sebagai mineral admixture standar ASTM yaitu kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  minimum 70% berat. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian pengaruh penambahan *fly ash* dan pada penambahan berapa sifat fisik maupun kimia dari *fly ash* ini dapat dioptimalkan untuk peningkatan mutu beton dalam hal ini beton ringan dan seberapa pengaruhnya terhadap berat jenis betonnya. Sifat fisik maupun kimia dari *fly ash* dapat dilihat pada tabel 2.3 dan 2.4.



Tabel 2.3 Sifat fisik *fly ash* ex batu bara

No.	Sifat fisik	Data yang ada
1.	Berat jenis	1,99 - 2,40 gr/cm <sup>3</sup>
2.	Kehalusan Butir	163,25 - 227,19 m <sup>2</sup> /kg
3.	Kadar Air	0,55 - 4,6 %

Tabel 2.4 Komposisi unsur kimia *fly ash* dalam satuan persen berat

No.	Unsur Kimia	Persen berat fly ash	Persen Berat Standart ASTM
1.	SiO <sub>2</sub>	59,99 %	} (SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) maksimum 70 %
2.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,35 %	
3.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,59 %	
4.	CaO	1,83 %	-
5.	MgO	1,11 %	-
6.	Na <sub>2</sub> O	-	maksimum 1,5 %
7.	SO <sub>3</sub>	-	maksimum 4 %
8.	Hilang pijar	-	maksimum 10 %

Pengambilan variasi penambahan *fly ash* pada penelitian ini berkisar antara 0 % sampai 3 % dari volume beton, nilai ini selaras dengan beberapa metode penghitungan campuran beton termasuk ACI yang memberi nilai yang sama untuk perkiraan kandungan udara (pori). Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap kekuatan mortar semen dengan penambahan *fly ash* pada beberapa variasi campuran berupa campuran semen, pasir, *fly ash* dan air, didapat nilai optimum setara 10 % sampai 30 % dari volume semen yang dipergunakan. Apabila dalam campuran beton, semen menempati sekitar 10 % dari volume beton (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992) maka penambahan *fly ash* terhadap volume semen akan berkisar antara 10 % sampai 30 %.

## 2.6. Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen (fas) sangat mempengaruhi kekuatan beton. Hubungan antara faktor air semen dan kuat desak

beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) sebagai berikut:

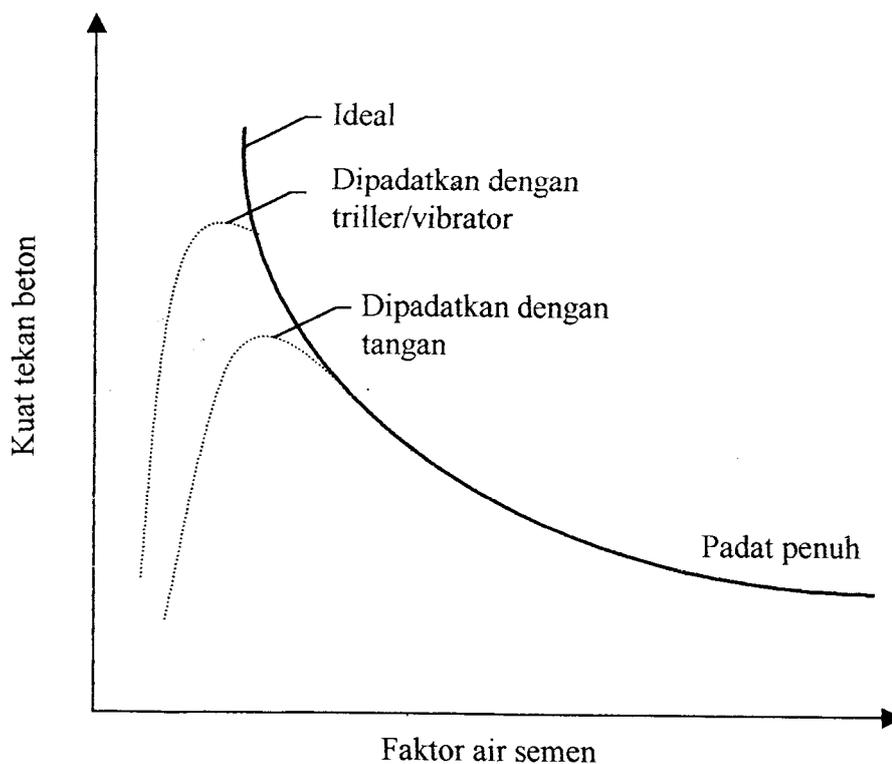
$$f_c = \frac{A}{B^{1,5 \cdot x}}$$

keterangan :

$f_c$  = kuat desak beton ; A,B = konstanta

x = faktor air semen

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat desak betonnya, walaupun menurut rumus tersebut tampak bahwa semakin kecil faktor air semen semakin tinggi kuat desak beton, tetapi nilai  $f_c$  yang rendah akan menyulitkan pepadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat. Hubungan antara kuat desak beton dan faktor air semen dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 2.2 Hubungan antara kuat desak beton dengan faktor air semen

## 2.7. Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton. Tingkat kelecakan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin besar nilai slump berarti makin encer adukan betonnya, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan. Nilai slump untuk berbagai macam struktur tercantum dalam tabel 2.5.

Tabel 2.5 Nilai slump untuk berbagai macam struktur

Jenis Konstruksi	Slump (cm)	
	Minimum	Maksimum
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12,5
Tiang pondasi tak bertulang, Caisson	2,5	10
Plat, balok, kolom	7,5	15
Beton untuk jalan ( <i>pavement</i> )	5	7,5
Beton massa (konstruksi massa yang berat)	2,5	7,5

## 2.8. Workability

Kemudahan pengerjaan (*workability*) merupakan ukuran tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, dituang, dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan penyusun beton dan sifat-sifat bahan penyusun beton, secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton antara lain :

1. Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Jumlah air ini akan mempengaruhi konsistensi adukan, yaitu semakin banyak air yang digunakan maka adukan makin encer, sehingga makin mudah untuk dikerjakan.
2. Jumlah semen yang digunakan. Penambahan jumlah semen ke dalam campuran adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.

3. Penambahan bahan tambah (*chemical admixture*) tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan *workability* adukan pada fas rendah, misalnya dengan penambahan *plastisizer*.

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

1. Air campuran yang dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai hitungan *mix desain*.
2. Pasir yang dipakai mempunyai bentuk beragam dan mempunyai kadar butiran yang halus.
3. Gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang dipakai.

## 2.9. Kekuatan Beton

Beton mempunyai kuat desak yang lebih besar daripada kuat tariknya. Kuat desak beton tergantung pada sifat-sifat bahan dasarnya. Kuat desak beton pada umumnya ditentukan oleh tingkat kekerasan agregatnya, namun demikian perlu diperhatikan juga mutu pasta semennya. Hal ini disebabkan karena semen merupakan bahanikat yang mengikat agregat-agregat penyusun beton. Mutu pasta semen yang rendah akan menyebabkan kehancuran beton sebelum mencapai maksimum dengan ditandai besar prosentase agregat lepas lebih besar dari pada prosentase agregat yang pecah. Disamping itu kuat desak beton juga dipengaruhi oleh cara pengadukan, cara penuangan, cara pemadatan dan cara rawatan beton.

Agar kualitas beton yang dihasilkan memuaskan, perlu diperhatikan proses pemadatan dan perawatan beton

1. Tinjauan terhadap pemadatan beton,

Tujuan pemadatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga-rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan yang tinggi akan menghasilkan beton dengan kekuatan tinggi. Pemadatan secara mekanik dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara manual

dan mesin (alat penggetar). Kekuatan beton yang dihasilkan dari kedua cara tersebut sedikit berbeda, kekuatan beton yang dihasilkan dengan pemadatan manual tergantung dari kemampuan manusianya. Kekuatan beton yang dipadatkan dengan mesin penggetar dapat lebih tinggi, hal ini tergantung pada metode pelaksanaan dan juga faktor manusianya. Selain itu mesin getar dapat digunakan pada pemadatan campuran yang mempunyai *workability* rendah.

Pada mortar beton, semen dan air yang berupa pasta mengikat agregat halus dan kasar dengan masih menyisakan rongga atau pori-pori yang tidak dapat tertutup atau terisi oleh butiran semen. Ruang yang tidak ditempati butiran semen merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan dan disebut kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton telah mengeras sehingga beton akan mempunyai sifat tembus air yang besar, akibatnya kekuatan berkurang, rongga ini dapat dikurangi dengan penggunaan bahan tambah meski penambahan ini akan menambah biaya pelaksanaan. Bahan tambah ini merupakan bahan khusus yang ditambahkan dalam mortar sebagai pengisi dan pada umumnya berupa bahan kimia organik dan bubuk mineral aktif. Salah satu bahan tambah yang dapat digunakan adalah limbah pembakaran batu bara proyek PLTU atau *fly ash* sebagai bahan pengisi untuk memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozolan dari *fly ash* untuk memperbaiki mutu beton.

2. Tinjauan terhadap perawatan beton,

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

beberapa hari atau bahkan selama beberapa minggu, termasuk pencegahan penguapan dengan pengadaan selimut pelindung yang sesuai maupun dengan membasahi permukaannya secara berulang-ulang.

Untuk mendapatkan kuat tekan beton karakteristik harus diperhatikan faktor bentuk dan umur benda uji. Oleh karena benda uji yang digunakan adalah kubus berukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ , maka faktor bentuknya adalah 1. Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur

Umur Beton (hr)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland type I	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35

Penyebaran dari hasil-hasil uji tekan akan tergantung dari tingkat kesempurnaan dari pelaksanaannya. Dengan menganggap nilai-nilai dari pemeriksaan tersebut menyebar normal. Ukuran nilai penyebaran hasil pemeriksaan tersebut juga merupakan mutu pelaksanaan yang nilainya disebut deviasi standar. Nilai deviasi standar dapat dihitung dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{\frac{n}{\sum (fc_{28} - fcr)^2}}{N - 1}}$$

Keterangan :

S = Deviasi standar ( $\text{kg/cm}^2$ )

$fc_{28}$  = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji ( $\text{kg/cm}^2$ )

$fcr$  = Kuat tekan beton rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

$$= \frac{\sum_{i=1}^N fc}{N}$$

N = Jumlah benda uji

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

$$f_c' = f_{cr} - 1,64kS$$

Keterangan :

$f_c'$  = Kuat desak yang disyaratkan

$f_{cr}$  = Kuat desak rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

$k$  = Pengali deviasi standar

$S$  = Deviasi standar

Untuk mencari angka konversi dari jumlah benda uji yang disyaratkan berdasarkan jumlah benda uji 30 buah dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Faktor pengali untuk deviasi standar bila data benda uji yang tersedia kurang dari 30 buah

Jumlah benda uji	Faktor pengali deviasi standar
15	1,160
18	1,120
19	1,096
20	1,080
25	1,030
$\geq 30$	1,000

## 2.10. Rencana Campuran Menurut ACI

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 berarti kuat desak beton yang dihasilkan tergantung pada perbandingan antara air dan semen yang digunakan.

*The American Concrete Institute* (ACI) menyarankan suatu cara perencanaan campuran yang memperhatikan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan serta kuat desak yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air

permeter kubik adukan beton menentukan tingkat konsistensi atau kekentalan adukan tersebut (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1993).

Penelitian ini merencanakan beton ringan struktural dengan mutu beton rencana K-225. Dengan melihat tabel 2.8. dapat dilihat nilai fas untuk memperkirakan kuat desak beton pada umur 28 hari (Petunjuk Praktikum Bahan Konstruksi Teknik, UII). Pada penetapan volume agregat yang diperlukan, dilakukan penyesuaian perhitungan dengan memperhatikan berat jenis agregat ringan yang digunakan.

Tabel 2.8 Kuat desak beton pada berbagai faktor air semen

FAS	Kemungkinan kuat desak rata-rata silinder beton umur 28 hari	
	Beton <i>non air entrained</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	Beton <i>air entrained</i> (kg/cm <sup>2</sup> )
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 dicantumkan pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 Volume agregat tiap satuan volume adukan beton

Ukuran Maks. (mm)	Volume agregat SSD untuk berbagai nilai MHB			
	2,4	2,6	2,8	3,0
9,5	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	0,90	0,88	0,86	0,84

Untuk memperkirakan jumlah air yang diperlukan tiap  $m^3$  dipakai tabel 2.10 sebagai berikut :

Tabel 2.10 Volume air yang diperlukan tiap  $m^3$  adukan beton untuk berbagai slump dan ukuran maksimum agregat

Slump (cm)	Air (lt/kg) yang diperlukan tiap $m^3$ adukan beton untuk ukuran agregat maksimum (mm)							
	9,6	12,5	19,6	25	38,1	50	76,2	150
	<i>Beton biasa non air entrained</i>							
2,5 – 5,0	213	203	203	188	168	157	147	127
7,5 – 10	234	223	208	198	183	173	163	142
15 – 17,5	248	248	234	208	193	183	173	153
udara %	3,0	3,0	2,5	1,5	1,5	0,5	0,3	0,2

## **BAB III**

### **PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN**

#### **3.1. Umum**

Penelitian ini merupakan studi experimental yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penelitian meliputi percobaan penambahan *fly ash* sebagai bahan pengisi pada beton ringan, khususnya beton ringan dengan ALWA sebagai agregat kasar dan pada beton normal sebagai pembanding dengan kuat desak rencana masing-masing K-225. Jumlah benda uji total adalah 120 buah kubus beton dengan ukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$  dengan pembagian 80 benda uji untuk beton ringan dengan empat variasi penambahan *fly ash* yaitu 0 %, 1 %, 2 % dan 3 % terhadap volume campuran masing-masing 20 buah, 40 benda uji untuk beton normal dengan dua variasi penambahan *fly ash* sebesar 0 % dan 2 % terhadap volume campuran masing-masing 20 buah.

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Persiapan bahan dan material
- Persiapan alat yang digunakan
- Perencanaan bahan susun adukan beton
- Pembuatan benda uji
- Pengujian desak pada benda uji

#### **3.2. Persiapan Bahan dan Material**

Sebelum penelitian dilaksanakan disiapkan terlebih dahulu material yang akan digunakan. Sebagai bahan penyusun adukan beton diperlukan bahan-bahan antara lain :

## 1. Semen Portland,

semen yang digunakan adalah semen portland merk Nisantara, dengan data sebagai berikut :

- Berat jenis : 3,15 gr/cm<sup>3</sup>
- Type semen : Type I

## 2. Agregat halus,

agregat halus yang digunakan adalah pasir alam, dengan data sebagai berikut :

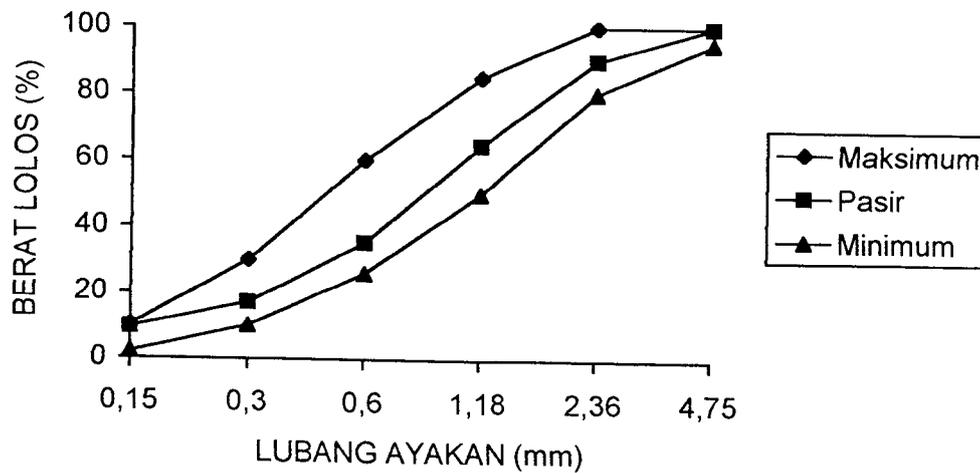
- Asal pasir : Sungai Progo, Yogyakarta
- Berat jenis pasir : 2,85 gr/cm<sup>3</sup>

Modulus Halus Butir (mhb) dan gradasi pasir dapat dilihat pada tabel 3.1 dan grafik 3.1.

Tabel 3.1 Gradasi pasir alam asal sungai Progo

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Lolos Saringan (%)	Berat Tertahan Kumulatif (%)	Syarat ASTM C-33 (%)
	Gram	(%)			
4,75	0	0	100	0	90 - 100
2,36	100	10	90	10	80 - 100
1,18	254,2	25,42	64,58	35,42	50 - 85
0,60	293	29,3	35,28	64,72	26 - 60
0,30	181,3	18,13	17,15	82,85	10 - 30
0,15	77,6	7,76	9,39	90,61	2 - 10
PAN	93,9	9,39			
Jumlah	1000	100	-	283,6	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (mhb)} &= \frac{\% \text{ kumulatif berat tertahan}}{100} \\
 &= \frac{283,6}{100} = 2,836
 \end{aligned}$$



Gambar 3.1 Grafik gradasi pasir alam asal sungai Progo

Agregat kasar,

agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

a) Untuk beton normal digunakan agregat kasar alami dengan data sebagai berikut :

- Asal : Sungai Progo
- Berat jenis :  $2,5 \text{ gr/cm}^3$
- Berat kering tusuk SSD :  $1,56 \text{ gr/cm}^3$
- Butir maksimum : 38,1 mm

b) Untuk beton ringan digunakan agregat kasar ringan ALWA dengan data sebagai berikut :

- Asal : Cilacap
- Berat jenis SSD :  $1,6667 \text{ gr/cm}^3$
- Berat kering mutlak :  $1,4814 \text{ gr/cm}^3$
- Berat kering tusuk :  $0,8205 \text{ gr/cm}^3$

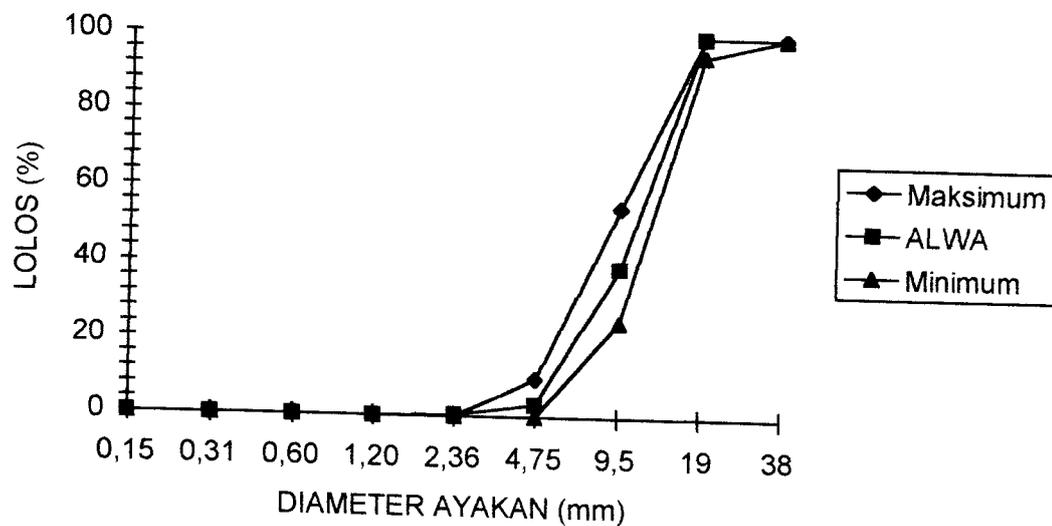
Modulus Halus Butir (mhb) dan gradasi ALWA dapat dilihat pada tabel 3.2 dan gambar 3.2.

Tabel 3.2 Gradasi agregat kasar ALWA

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Lolos Saringan (%)	Berat Tertahan Kumulatif (%)	Syarat ASTM C-33 (%)
	Gram	(%)			
38,1	0	0	0	0	100
19	0	0	100	0	95 - 100
9,5	913	60,867	39,1333	60,867	25 - 55
4,75	539	35,933	3,2006	96,800	0 - 10
2,36	41	2,733	0,4666	99,533	-
1,2	-	-	-	99,533	-
0,60	-	-	-	99,533	-
0,30	-	-	-	99,533	-
0,15	-	-	-	99,533	-
PAN	7	0,467	-	-	-
Jumlah	1500	100	-	655,332	

$$\text{Modulus Halus Butir (mhb)} = \frac{\% \text{ kumulatif berat tertahan}}{100}$$

$$= \frac{655,332}{100} = 6,553$$



Gambar 3.2 Grafik gradasi agregat kasar ALWA

4. Air,

Air yang digunakan adalah air tawar yang ada di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

5. *Fly ash*,

*Fly ash* diambil dari sisa pembakaran batu bara PLTU Suralaya yang lolos ayakan no. 100.

### 3.3. Peralatan Penelitian

#### 3.3.1. Alat Uji Desak

Alat uji desak yang digunakan adalah alat elektrikal hidroulik dengan merk Controls. Cara menjalankan alat ini cukup dengan menekan tombol yang ada, kemudian besarnya gaya desak dapat dibaca pada dial pembacaan beban. Pada pembacaan dial, gaya desak maksimum ditunjukkan oleh jarum yang berwarna merah saat jarum tersebut berhenti.

#### 3.3.2 Alat Pembuat Benda Uji

Alat pembuat benda uji merupakan alat yang dipersiapkan paling awal. Sebelum alat ini digunakan, alat ini dibersihkan dahulu dari kotoran yang ada. Alat pembuat benda uji terdiri dari :

1. Mixer,

digunakan untuk mengaduk campuran beton dan alat ini dijalankan secara elektrikal.

2. Cetakan kubus,

terbuat dari baja yang dibaut pada sisi-sisinya dan bisa dibongkar pasang dengan memakai kunci. Cetakan ini berukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ .

3. Timbangan,

digunakan untuk menimbang berat bahan yang akan dipakai dalam membuat adukan beton.

4. Ayakan,

Digunakan ayakan dengan diameter maksimum 4,75 mm untuk mengayak



pasir dan diameter maksimum 19,6 mm untuk mengayak ALWA. Alat ini terbuat dari baja dengan lubang ayakan berbentuk bujur sangkar.

5. Baki,  
sebagai tempat adukan beton setelah dituang dari mixer. Alat ini berukuran  $1 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ .
6. Cetok,  
digunakan untuk mengaduk adukan beton yang ada dibaki dan untuk menuangkan ke dalam cetakan.
7. Penumbuk,  
Digunakan untuk memadatkan adukan beton dalam cetakan. Penumbuk ini berupa batangan besi dengan diameter 10 mm dan panjang 60 cm.
8. Kerucut Abrams,  
digunakan untuk mengukur nilai slump yang dihasilkan.
9. Kaliper dan mistar,  
digunakan untuk mengukur benda uji yang dihasilkan.

### 3.4. Perencanaan Campuran Adukan Beton

Perhitungan kebutuhan proporsi dari masing-masing bahan untuk adukan beton dilakukan berdasarkan metoda ACI (*American Concrete Institute*). Perencanaan dilakukan terhadap beton normal dan beton ringan dengan kuat desak rencana 22,5 Mpa atau  $225 \text{ kg/cm}^2$ .

Data-data yang diperlukan untuk perhitungan :

- |   |   |                      |
|---|---|----------------------|
| 1. Kuat desak rencana   | : | 22,5 Mpa             |
| 2. Diameter maksimum agregat kasar untuk beton normal (kerikil) | : | 38,1 mm              |
| 3. Diameter maksimum agregat kasar untuk beton ringan (ALWA)    | : | 19.6 mm              |
| 4. Modulus halus butiran (mhb) pasir                            | : | 2,836                |
| 5. Berat jenis pasir (SSD)                                      | : | $2,85 \text{ t/m}^3$ |
| 6. Berat jenis kerikil (SSD)                                    | : | $2,5 \text{ t/m}^3$  |
| 7. Berat kering tusuk kerikil (SSD)                             | : | $1,56 \text{ t/m}^3$ |

8. Berat jenis ALWA (SSD)	:	1,6667 t/m <sup>3</sup>
9. Berat jenis kering tusuk ALWA	:	0,8205 t/m <sup>3</sup>
10. Berat jenis semen	:	3,15 t/m <sup>3</sup>
11. Berat jenis fly ash	:	2,19 t/m <sup>3</sup>

Perhitungan rencana adukan beton untuk beton normal :

1. Menghitung kuat desak rata-rata

Untuk pekerjaan kecil dengan pengawasan baik,  $s_d = 6,0$  Mpa

Faktor modifikasi standar deviasi dengan jumlah benda uji 20 buah = 1,08

Sehingga nilai margin,  $m = 1,64$  k Sd

$$= 1,64 \cdot 1,08 \cdot 6,0 = 10,6272 \text{ Mpa}$$

Mutu beton,  $f_{cr} = f_c + m$

$$= 22,5 + 10,6272 = 33,1272 \text{ Mpa}$$

2. Menetapkan faktor air semen

Beton terlindung dari hujan dan sinar matahari langsung, nilai  $f_{as} = 0,60$

Dari tabel 2.7 interpolasi kuat desak umur 28 hari dan  $f_{as}$  didapat nilai  $f_{as} = 0,4740$

Dari kedua nilai  $f_{as}$  tersebut diambil nilai terkecil yaitu 0,4740

3. Menetapkan nilai slump

Untuk plat, balok dan kolom slump berkisar antara 75 - 100 mm

4. Menetapkan kebutuhan air

Dari nilai slump 75 - 10 mm dan diameter agregat maksimum 38,1 mm didapat kebutuhan air 183 liter untuk tiap m<sup>3</sup> adukan beton dan perkiraan udara terperangkap 1,0 %.

5. Menghitung kebutuhan semen

$$f_{as} = \frac{W \text{ air}}{W \text{ semen}}$$

$$W \text{ semen} = \frac{W \text{ air}}{f_{as}} = \frac{183}{0,4740} = 386,076 \text{ kg}$$

$$\text{Volume semen} = \frac{W \text{ semen}}{\text{Berat jenis semen}} = \frac{0,386076}{3,15} = 0,1225 \text{ m}^3$$

6. Menetapkan volume agregat kasar per meter kubik beton  
 Dengan butir maksimum 38,1 mm dan modulus halus butiran agregat halus (mhb) = 2,836 didapat :
- Volume agregat kasar (VK) = 0,7164 m<sup>3</sup>
- Berat agregat kasar = VK × berat jenis kering tusuk kerikil  
 = 0,7164 × 1,56 = 1,1175 ton
- Volume agregat kasar =  $\frac{\text{berat kerikil}}{\text{Berat jenis kerikil}} = \frac{1,1175}{2,5} = 0,4470 \text{ m}^3$
7. Menghitung kebutuhan pasir
- Volume pasir (VP) = 1 - (VK + VS + VK + VU)  
 = 1 - (0,183 + 0,1225 + 0,4470 + 0,01)  
 = 0,2375 m<sup>3</sup>
- Berat pasir = VP × berat jenis pasir (SSD)  
 = 0,2375 × 2,85 = 0,6768 ton
8. Berat penambahan *fly ash*
- Berat jenis *fly ash* = 2,19 t/m<sup>3</sup>
- Penambahan 0 % volume *fly ash* = 0 m<sup>3</sup>  
 Berat *fly ash* = 0 kg
- Penambahan 2 % volume *fly ash* = 0,02 m<sup>3</sup>  
 Berat *fly ash* = 0,02 × 2,19 = 0,0438 ton
9. Kebutuhan material dalam 1 m<sup>3</sup> adukan beton :
- a. Dengan penambahan 0 % *fly ash*
- Semen = 386,076 kg
  - Pasir = 676,8 kg
  - Kerikil = 1117,5 kg
  - Air = 183 liter
  - *Fly ash* = 0 kg
- b. Dengan penambahan 2 % *fly ash*
- Semen = 386,076 kg

- Pasir = 676,8 kg
- Kerikil = 1117,5 kg
- Air = 183 liter
- Fly ash = 43,8 kg

Perhitungan rencana adukan beton untuk beton ringan:

1. Menghitung kuat desak rata-rata

Untuk pekerjaan kecil dengan pengawasan baik,  $sd = 6,0$  Mpa

Faktor modifikasi standar deviasi dengan jumlah benda uji 20 buah = 1,08

Sehingga nilai margin,  $m = 1,64$  k Sd

$$= 1,64 \cdot 1,08 \cdot 6,0 = 10,6272 \text{ Mpa}$$

Mutu beton,  $f_{cr} = f_c + m$

$$= 22,5 + 10,6272 = 33,1272 \text{ Mpa}$$

2. Menetapkan faktor air semen

Beton terlindung dari hujan dan sinar matahari langsung, nilai  $fas = 0,60$

Dari tabel 2.7 interpolasi kuat desak umur 28 hari dan  $fas$  didapat nilai  $fas = 0,4740$

Dari kedua nilai  $fas$  tersebut diambil nilai terkecil yaitu 0,4740

3. Menetapkan nilai slump

Untuk plat, balok dan kolom slump berkisar antara 75 - 100 mm

4. Menetapkan kebutuhan air

Dari nilai slump 75 - 10 mm dan diameter agregat maksimum 19,6 mm didapat kebutuhan air 208 liter untuk tiap  $m^3$  adukan beton dan perkiraan udara terperangkap 2,0 %.

5. Menghitung kebutuhan semen

$$fas = \frac{W \text{ air}}{W \text{ semen}}$$

$$W \text{ semen} = \frac{W \text{ air}}{fas} = \frac{208}{0,4740} = 438,818 \text{ kg}$$

$$\text{Volume semen} = \frac{W \text{ semen}}{\text{Berat jenis semen}} = \frac{0,438818}{3,15} = 0,1393 \text{ m}^3$$

6. Menetapkan volume agregat kasar per meter kubik beton

Dengan butir maksimum 19,2 mm dan modulus halus butiran agregat halus (mhb) = 2,836 didapat :

$$\text{Volume agregat kasar (VK)} = 0,6037 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat kasar} &= \text{VK} \times \text{berat jenis kering tusuk ALWA} \\ &= 0,6037 \times 820,5 = 495,336 \text{ kg} = 0,495336 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Volume agregat kasar} = \frac{\text{berat kerikil}}{\text{Berat jenis kerikil}} = \frac{0,495336}{1,6667} = 0,2972 \text{ m}^3$$

7. Menghitung kebutuhan pasir

$$\begin{aligned} \text{Volume pasir (VP)} &= 1 - (\text{VK} + \text{VS} + \text{VK} + \text{VU}) \\ &= 1 - (0,208 + 0,1393 + 0,2972 + 0,02) \\ &= 0,3355 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} &= \text{VP} \times \text{berat jenis pasir (SSD)} \\ &= 0,3355 \times 2,85 = 0,9561 \text{ ton} \end{aligned}$$

8. Berat penambahan *fly ash*

$$\text{Berat jenis } \textit{fly ash} = 2,19 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Penambahan } \textit{fly ash} \text{ 0 \% volume} = 0 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat } \textit{fly ash} = 0 \text{ kg}$$

$$\text{Penambahan } \textit{fly ash} \text{ 1 \% volume} = 0,01 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat } \textit{fly ash} = 0,01 \times 2,19 = 0,0219 \text{ ton}$$

$$\text{Penambahan } \textit{fly ash} \text{ 2 \% volume} = 0,02 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat } \textit{fly ash} = 0,02 \times 2,19 = 0,0438 \text{ ton}$$

$$\text{Penambahan } \textit{fly ash} \text{ 3 \% volume} = 0,03 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat } \textit{fly ash} = 0,03 \times 2,19 = 0,0657 \text{ ton}$$

9. Kebutuhan material dalam 1 m<sup>3</sup> adukan beton :

a. Dengan penambahan 0 % *fly ash*

$$\text{- Semen} = 438,818 \text{ kg}$$

$$\text{- Pasir} = 956,1 \text{ kg}$$

$$\text{- ALWA} = 495,336 \text{ kg}$$

$$\text{- Air} = 208 \text{ liter}$$

- *Fly ash* = 0 kg

b. Dengan penambahan 1 % *fly ash*

- Semen = 438,818 kg

- Pasir = 956,1 kg

- ALWA = 495,336 kg

- Air = 208 liter

- *Fly ash* = 21,9 kg

c. Dengan penambahan 2 % *fly ash*

- Semen = 438,818 kg

- Pasir = 956,1 kg

- ALWA = 495,336 kg

- Air = 208 liter

- *Fly ash* = 43,8 kg

d. Dengan penambahan 3 % *fly ash*

- Semen = 438,818 kg

- Pasir = 956,1 kg

- ALWA = 495,336 kg

- Air = 208 liter

- *Fly ash* = 65,7 kg

Tabel 3.3 Daftar kebutuhan bahan untuk tiap m<sup>3</sup> adukan

	Material	Berat	Volume	Perbd. berat	Perbd. volume
Beton normal	Semen	386,076 kg	0,1225 m <sup>3</sup>	1	1
	Pasir	676,800 kg	0,2375 m <sup>3</sup>	1,7530	1,9387
	Kerikil	1117,100 kg	0,4470 m <sup>3</sup>	2,8934	3,6489
	Air	183 lt	0,1830 m <sup>3</sup>		
Beton ringan	Semen	438,818 kg	0,1393 m <sup>3</sup>	1	1
	Pasir	956,100 kg	0,3355 m <sup>3</sup>	2,1788	2,4084
	ALWA	495,336 kg	0,2972 m <sup>3</sup>	1,1287	2,1335
	Air	208 lt	0,2080 m <sup>3</sup>		

Tabel 3.4 Variasi penambahan *fly ash* per m<sup>3</sup> adukan beton

Penambahan terhadap volume adukan per m <sup>3</sup>	Beton normal	Beton ringan
0 %	0 kg	0 kg
1 %	-	21,9 kg
2 %	43,8 kg	43,8 kg
3 %	-	65,7 kg

Tabel 3.5 Kebutuhan bahan untuk tiap 20 buah benda uji

Material	Beton normal	Beton ringan
Semen	26,0601 kg	29,6202 kg
Pasir	45,6891 kg	64,5379 kg
Kerikil/ALWA	75,4042 kg	33,4352 kg
Air	12,3525 lt	14,04 lt

Tabel 3.6 Variasi penambahan *fly ash* untuk tiap 20 buah benda uji

Penambahan terhadap volume adukan	Beton normal	Beton ringan
0 %	0 kg	0 kg
1 %	-	1,4783 kg
2 %	2,9565 kg	2,9565 kg
3 %	-	4,4348 kg

### 3.5. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dikerjakan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Melakukan penimbangan bahan-bahan, seperti semen, pasir, kerikil atau ALWA serta *fly ash* sesuai dengan kebutuhan rencana campuran beton.
2. Memasukkan sebagian bahan-bahan adukan beton kedalam mixer, dilanjutkan penghidupan mixer dan penambahan bahan-bahan sedikit demi sedikit.

3. Pada saat mixer mulai berputar diusahakan posisi mixer selalu dalam keadaan miring sekitar  $45^\circ$ , agar didapat adukan beton yang merata.
4. Setelah adukan terlihat merata, sebagian adukan dituang ke baki dan dilakukan pengujian slump dengan mempergunakan kerucut Abrams.
5. Mempersiapkan cetakan-cetakan kubus yang akan dipakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi oli.
6. Menuangkan semua adukan beton dari mixer ke baki.
7. Memasukkan adukan beton kedalam cetakan-cetakan dengan menggunakan cetok, sedikit demi sedikit sambil ditusuk-tusuk agar tidak keropos.
8. Adukan yang telah dicetak diletakan ditempat yang terlindung, dan setelah 24 jam cetakan dapat dibuka.
9. Memberi kode/keterangan pada tiap benda uji agar tidak tertukar dan mudah dikelompokan.

### **3.6. Perawatan Benda Uji**

Beton memerlukan perawatan untuk menjamin terjadinya proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna dengan menjaga kelembaban permukaan beton. Untuk mempertahankan beton supaya berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu, digunakan cara merendam benda uji dalam bak berisi air.

### **3.7. Pengujian Benda Uji**

Benda uji diuji pada umur 14 hari dan 28 hari, dengan pengujian sebagai berikut :

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

## 2. Pengujian desak beton.

Beban vertikal yang dikerjakan pada benda uji, diberikan dengan mesin desak hidraulik. Setelah benda uji siap pada tempat pengujian, pembebanan dilakukan secara berangsur-angsur sampai mencapai beban maksimum, yaitu saat benda uji mengalami kehancuran atau jarum merah pada dial tidak dapat naik lagi dan berangsur turun.

### 3.8. Data Hasil Pengujian

#### 3.8.1. Pengujian Berat Volume

##### 1. Beton normal

Tabel 3.7 Berat volume beton dengan variasi penambahan *fly ash* 0 %

Umur (hari)	No	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat volume (kg/cm <sup>3</sup> )	Berat volume rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
14	1	8,4880	3534,8709	2401,2192	2417,0888
	2	8,0720	3347,3692	2411,4460	
	3	8,2125	3379,0133	2430,4432	
	4	8,0955	3347,5760	2418,3170	
	5	8,3495	3365,7416	2480,7311	
	6	8,2700	3495,6352	2365,8075	
	7	8,5280	3524,6292	2419,5453	
	8	8,4850	3513,8779	2414,7111	
	9	8,4030	3474,9086	2418,1931	
	10	8,3495	3516,4044	2374,4425	
28	1	8,3600	3474,8938	2405,8289	2417,0888
	2	8,3440	3468,0410	2405,9692	
	3	8,4858	3499,5628	2424,8172	
	4	7,9840	3354,0659	2380,3945	
	5	8,3280	3452,9880	2411,8242	
	6	8,3500	3454,1494	2417,3824	
	7	8,1870	3457,4314	2367,9429	
	8	8,3680	3472,6314	2409,7000	
	9	8,2270	3203,6609	2567,9996	
	10	8,2720	3433,7036	2409,0606	

Tabel 3.8 Berat volume beton dengan variasi penambahan *fly ash* 2 %

Umur (hari)	No	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat volume (kg/cm <sup>3</sup> )	Berat volume rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
14	1	8,4100	3402,7277	2471,5466	2426,2471
	2	8,1900	3490,9411	2346,0722	
	3	8,3350	3443,9470	2420,1882	
	4	8,1160	3413,7272	2377,4600	
	5	8,3640	3303,6974	2531,7089	
	6	8,6500	3485,9945	2284,8573	
	7	8,2300	3324,5311	2475,5371	
	8	8,3400	3399,5552	2453,2621	
	9	8,2050	3398,4439	2414,3403	
	10	8,3350	3448,4158	2417,0519	
28	1	8,2650	3470,2348	2381,6832	
	2	8,2820	3481,8202	2378,6409	
	3	8,3250	3480,4736	2391,9159	
	4	8,2350	3430,3871	2400,6037	
	5	8,4770	3548,7874	2388,7033	
	6	8,3970	3449,1096	2434,5414	
	7	8,1940	3426,3749	2391,4488	
	8	8,3460	3423,5514	2437,8194	
	9	8,4290	3487,3299	2417,0355	
	10	8,4830	3374,2699	2514,0253	

## 2. Beton ringan

Tabel 3.9 Berat volume beton ALWA dengan variasi penambahan *fly ash* 0 %

Umur (hari)	No	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat volume (kg/cm <sup>3</sup> )	Berat volume rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
14	1	6,3285	3481,6149	1817,6910	1853,1794
	2	6,1245	3318,1822	1845,7395	
	3	6,3644	3431,3820	1942,1912	
	4	6,6750	3516,3072	1915,3617	
	5	6,3390	3383,4652	1903,0785	
	6	6,1150	3297,8670	1854,2888	
	7	6,2570	3433,8260	1822,1657	
	8	6,3570	3502,5238	1814,9770	
	9	6,5940	3421,2991	1985,7954	
	10	6,4970	3479,2087	1953,6051	
28	1	6,5780	3559,9390	1847,7845	
	2	6,4600	3561,4051	1813,8908	
	3	6,4850	3456,3645	1876,2489	
	4	6,6300	3524,2905	1881,2297	
	5	6,4980	3354,6811	1966,8039	
	6	6,3210	3501,3161	1805,3211	
	7	6,1980	3492,0077	1860,8206	
	8	6,3720	3351,1920	1901,4130	
	9	6,3400	3354,1754	1890,1814	
	10	6,6280	3592,8745	1844,7625	

Tabel 3.10 Berat volume beton ALWA dg variasi penambahan *fly ash* 1 %

Umur (hari)	No	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat volume (kg/cm <sup>3</sup> )	Berat volume rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
14	1	6,3700	3484,9870	1827,8404	1854,9032
	2	6,6250	3610,6898	1834,8295	
	3	6,4510	3417,3579	1887,7157	
	4	6,5800	3494,2713	1883,0822	
	5	6,2955	3345,4153	1881,8291	
	6	6,3010	3397,8521	1854,4068	
	7	6,5750	3489,7632	1884,0820	
	8	6,4000	3221,6152	1986,5811	
	9	6,5500	3426,8800	1911,3596	
	10	6,4320	3429,7090	1875,3778	
28	1	6,3970	3461,2144	1848,1952	1854,9032
	2	6,6470	3500,2120	1899,0278	
	3	6,6030	5713,0874	1155,7674	
	4	6,6950	3723,7354	1797,9258	
	5	6,4710	3417,8550	1893,2927	
	6	6,8130	3555,5728	1916,1470	
	7	6,7780	3332,2762	2034,0451	
	8	6,7240	3494,1856	1924,3397	
	9	6,6000	3514,0521	1878,1736	
	10	6,6720	3518,4001	1896,3165	

Tabel 3.11 Berat volume beton ALWA dg variasi penambahan *fly ash* 2 %

Umur (hari)	No	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat volume (kg/cm <sup>3</sup> )	Berat volume rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
14	1	6,6050	3462,7768	1907,4287	1850,8186
	2	6,5860	3425,5175	1922,6292	
	3	6,6150	3448,6278	1918,1542	
	4	6,5160	3465,7333	1880,1216	
	5	6,3300	3419,8499	1850,9584	
	6	6,4550	3420,1787	1887,3283	
	7	6,3250	3374,7925	1874,1893	
	8	6,5450	3444,9550	1899,8797	
	9	6,1900	3281,6150	1886,2664	
	10	6,2650	3301,7292	1897,4906	
28	1	6,5480	3422,2113	1913,3827	1850,8186
	2	6,2650	3340,3374	1875,5590	
	3	6,5990	3413,2706	1933,3363	
	4	6,7450	3471,5081	1942,9596	
	5	6,6590	3618,6691	1840,1793	
	6	6,4190	3363,2924	1908,5465	
	7	6,5470	3408,5050	1920,7835	
	8	6,4630	3375,9629	1914,4168	
	9	6,7480	3492,9607	1931,8855	
	10	6,7230	3503,4170	1918,9837	

Tabel 3.12 Berat volume beton ALWA dg variasi penambahan *fly ash* 3 %

Umur (hari)	No	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat volume (kg/cm <sup>3</sup> )	Berat volume rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
14	1	6,6670	3825,0808	1742,9697	1858,7757
	2	6,5700	3514,1123	1869,6045	
	3	6,4820	3487,8648	1858,4436	
	4	6,6650	3538,8184	1883,3970	
	5	6,5860	3519,3862	1871,3490	
	6	6,5560	3470,9989	1888,7935	
	7	6,6480	3553,3468	1870,9122	
	8	6,4670	3368,0552	1920,0992	
	9	6,6030	3653,0686	1807,5215	
	10	6,4200	3579,5389	1793,5271	
28	1	6,8230	3444,8980	1980,6102	1858,7757
	2	6,4440	3569,3370	1805,3773	
	3	6,3180	3457,4896	1827,3374	
	4	6,5090	3539,0095	1839,2152	
	5	6,3500	3422,0617	1855,6065	
	6	6,3340	3444,7917	1838,7179	
	7	6,7940	3671,5784	1850,4303	
	8	6,1890	3385,0898	1828,3119	
	9	6,3830	3323,2961	1920,6835	
	10	6,3000	3276,7999	1922,6075	

### 3.8.2. Hasil Pengujian Kuat Desak Beton

#### 1. Beton normal

Tabel 3.13 Kuat desak beton dengan variasi penambahan *fly ash* 0 %

Umur (hari)	No	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban maks (kN)	Kuat desak kubus (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak silinder (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
14	1	230,7300	785	346,9303	287,9522	259,8745
	2	221,0900	675	311,3231	258,3982	
	3	222,5900	690	316,0968	262,3604	
	4	220,6700	650	300,3632	249,3015	
	5	222,8900	630	288,2217	239,2240	
	6	229,6700	720	319,6722	265,3279	
	7	230,1200	570	252,5790	209,6405	
	8	229,3600	765	340,1108	282,2920	
	9	230,1200	750	332,3407	275,8428	
	10	228,6128	725	323,3807	268,4060	
28	1	228,2360	850	379,7620	315,2024	281,8636
	2	228,7626	900	401,1753	332,9755	
	3	230,2344	795	352,1061	292,2481	
	4	220,8075	765	353,2843	293,2259	
	5	224,2200	700	318,3467	264,2278	
	6	226,5016	795	357,9089	297,0644	
	7	226,5682	630	283,5426	235,3403	
	8	230,2806	685	303,3262	251,7607	
	9	211,7423	660	317,8432	263,8099	
	10	226,4976	730	328,6517	272,7809	

Tabel 3.14 Kuat desak beton dengan variasi penambahan *fly ash* 2 %

Umur (hari)	No	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban maks (kN)	Kuat desak kubus (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak silinder (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
14	1	229,2900	640	284,6240	236,2379	258,9100
	2	229,8100	585	259,5755	215,4476	
	3	228,4500	775	345,9292	287,1212	
	4	224,2900	715	325,0669	269,8056	
	5	220,6800	730	337,3157	279,9720	
	6	231,7040	805	354,2738	294,0472	
	7	222,8900	600	274,4968	227,8324	
	8	226,6500	730	328,4308	272,5975	
	9	228,0070	620	277,2810	230,1433	
	10	211,6700	690	332,4042	275,8955	
28	1	227,4818	710	318,2646	264,1596	295,7835
	2	238,7700	785	335,2483	278,2561	
	3	230,3424	830	367,4353	304,9713	
	4	227,8570	720	322,2158	267,4391	
	5	234,0117	840	366,0314	303,8061	
	6	227,6640	855	382,9556	317,8532	
	7	225,2712	855	387,0233	321,2293	
	8	227,4785	890	398,9572	331,1345	
	9	227,6325	825	369,5697	306,7429	
	10	224,3037	695	315,9549	262,2425	

## 2. Beton ringan

Tabel 3.15 Kuat desak beton ALWA dengan variasi penambahan *fly ash* 0 %

Umur (hari)	No	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban maks (kN)	Kuat desak kubus (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak silinder (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
14	1	229,3500	625	277,8804	230,6408	240,1244
	2	225,1100	520	235,5512	195,5075	
	3	228,4500	755	337,0020	279,7117	
	4	229,8200	585	259,5642	215,4383	
	5	228,3000	715	319,3573	265,0665	
	6	218,1100	685	320,2519	265,8091	
	7	227,8500	510	228,2432	189,4418	
	8	231,6400	715	314,7525	261,2446	
	9	226,2700	625	281,6629	233,7802	
	10	227,1000	710	318,7997	264,6037	
28	1	230,5660	750	331,6979	275,3092	254,384
	2	233,6880	635	277,0856	229,9811	
	3	230,4243	740	327,4765	271,8055	
	4	229,4460	610	271,0978	225,0112	
	5	223,9440	780	355,1664	294,7881	
	6	229,6698	735	326,3323	270,8558	
	7	230,7240	660	291,6942	242,1062	
	8	221,9332	550	252,7069	209,7467	
	9	221,8370	675	310,2748	257,5281	
	10	234,8284	740	321,3348	266,7079	

Tabel 3.16 Kuat desak beton ALWA dengan variasi penambahan *fly ash* 1 %

Umur (hari)	No	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban maks (kN)	Kuat desak kubus (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak silinder (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
14	1	227,9200	675	301,9938	250,6548	247,2138
	2	235,1400	605	262,3648	217,7628	
	3	223,9400	755	343,7890	285,3449	
	4	228,3800	650	290,2231	240,8852	
	5	221,5300	595	273,8805	227,3208	
	6	223,9800	675	307,3061	255,0641	
	7	230,8800	595	262,7891	218,1149	
	8	227,5100	695	311,5021	258,5468	
	9	226,1900	650	293,0331	243,2174	
	10	221,4100	720	331,5980	275,2264	
28	1	228,4630	640	285,6543	237,0931	241,0786
	2	232,1010	730	320,7174	266,1954	
	3	223,3458	565	257,9570	214,1043	
	4	245,5480	680	282,3899	234,3836	
	5	225,7500	725	327,4816	271,8097	
	6	231,3320	665	293,1316	243,2992	
	7	215,8210	520	245,6893	203,9222	
	8	228,3781	730	325,9456	270,5348	
	9	227,1538	680	305,2570	253,3633	
	10	229,1371	585	260,3377	216,0803	

Tabel 3.17 Kuat desak beton ALWA dengan variasi penambahan *fly ash* 2 %

Umur (hari)	No	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban maks (kN)	Kuat desak kubus (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak silinder (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
14	1	229,1700	690	307,0209	254,8274	260,6126
	2	228,0600	685	306,2796	254,2121	
	3	227,8500	735	328,9387	273,0191	
	4	230,0500	745	330,2256	274,0872	
	5	227,0060	640	287,4877	238,6148	
	6	226,3500	690	310,8460	258,0022	
	7	233,6100	585	255,3531	211,9431	
	8	230,4300	725	320,8305	266,2893	
	9	219,1300	670	311,7810	258,7782	
	10	219,3800	820	381,1479	316,3527	
28	1	225,2937	765	346,2494	287,3870	253,0148
	2	219,1822	575	267,5095	222,0329	
	3	228,1598	630	281,5646	233,6986	
	4	229,7490	705	312,9048	259,7109	
	5	228,3072	700	312,6476	259,4975	
	6	222,7346	615	281,5556	233,6911	
	7	224,5392	710	322,4355	267,6215	
	8	223,3518	685	312,7359	259,5708	
	9	225,7486	740	334,2592	277,4351	
	10	230,4880	625	276,5084	229,5020	

Tabel 3.18 Kuat desak beton ALWA dengan variasi penambahan *fly ash* 3 %

Umur (hari)	No	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban maks (kN)	Kuat desak kubus (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak silinder (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
14	1	247,8100	560	230,4336	191,2599	231,6239
	2	230,8800	765	337,8717	280,4335	
	3	228,1800	620	277,0708	229,9688	
	4	231,1400	640	282,3459	234,3471	
	5	234,6200	540	234,6958	194,7976	
	6	232,3200	710	311,6366	258,6584	
	7	234,1500	600	261,2966	216,8762	
	8	224,8300	705	319,7507	265,3931	
	9	235,0700	640	277,6256	230,4292	
	10	239,1900	605	257,9224	214,0756	
28	1	226,1916	640	288,5228	239,4739	248,4273
	2	231,3245	615	271,1004	225,0133	
	3	223,4961	665	303,4089	251,8294	
	4	228,9880	695	309,4915	256,8780	
	5	222,2118	685	314,3404	260,9025	
	6	225,7506	745	336,5147	279,3072	
	7	237,0289	710	305,4455	253,5198	
	8	221,9003	515	236,6606	196,4283	
	9	229,6680	645	286,3755	237,6917	
	10	215,1543	720	341,2394	283,2287	

### 3.5.3. Hasil Pengujian Slump

Tabel 3.19 Hasil pengujian slump tiap adukan dalam cm

Variasi penambahan <i>fly ash</i>	Umur	No	Beton normal		Beton ringan	
			Slump	Slump rata-rata	Slump	Slump rata-rata
0 %	14	1	8,25	7,875	7,5	8
		2	7,5		8,5	
	28	1	6,5	7,5	6	7,5
		2	8,5		9	
1 %	14	1			6,5	7
		2			7,5	
	28	1			8	7
		2			6	
2 %	14	1	6,5	6,875	6	6,25
		2	7,25		6,5	
	28	1	7	6,75	7,25	6,625
		2	6,5		6	
3 %	14	1			5	5,625
		2			6,25	
	28	1			4	5,25
		2			6,5	

## BAB IV

### ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Berat Volume Beton

Berat volume beton sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan-bahan penyusunnya, sehingga apabila bahan penyusun mempunyai berat jenis yang besar maka beton yang dihasilkan akan mempunyai berat volume yang besar pula. Demikian juga sebaliknya apabila digunakan bahan penyusun dengan berat jenis ringan maka beton yang dihasilkan akan mempunyai berat volume yang kecil.

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton dengan volume beton. Pada penelitian ini dipakai benda uji berbentuk kubus, sehingga perhitungan berat volume beton adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat beton (kg)}}{\text{Volume beton (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat beton}}{p \times l \times t} \quad ; \text{ keterangan } \begin{array}{l} p = \text{panjang kubus (cm)} \\ l = \text{lebar kubus (cm)} \\ t = \text{tinggi kubus (cm)} \end{array}$$

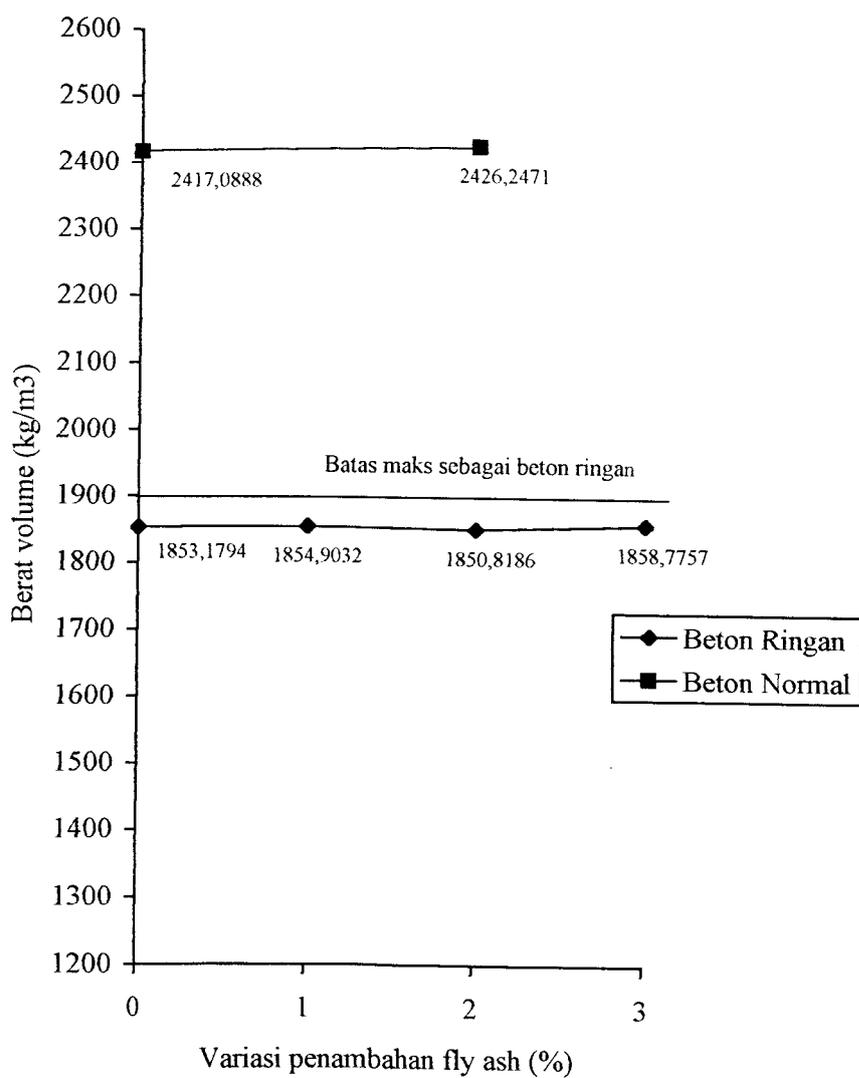
Untuk tiap variasi adukan, berat volume beton adalah rata-rata dari berat volume benda uji yang berjumlah 20 buah.

$$\text{Berat volume (tiap variasi adukan)} = \frac{\sum_{20}^i \text{Berat volume beton}}{20}$$

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan pada beton normal dan beton dengan agregat kasar ALWA dengan berbagai variasi penambahan *fly ash*, dihasilkan berat volume rata-rata pada setiap variasi campuran. Hasil perhitungan berat volume dicantumkan pada tabel 4.1 dan gambar 4.1.

Tabel 4.1 Daftar berat volume beton pada tiap variasi penambahan *fly ash*

No	Jenis beton	Variasi penambahan <i>fly ash</i>	Berat volume beton yg dihasilkan (kg/m <sup>3</sup> )
1	Beton normal	0 %	2417,0888
2		2 %	2426,2471
1	Beton ringan	0 %	1853,1794
2		1 %	1854,9032
3		2 %	1850,8186
4		3 %	1858,7757

Gambar 4.1 Grafik hubungan antara berat volume beton dengan variasi penambahan *fly ash*

Dari tabel 4.1 dan Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa berat volume beton dengan agregat kasar ALWA dengan variasi penambahan *fly ash* 0 % - 3 % terhadap volume adukan berkisar antara 1850,8186 sampai 1858,7757 kg/m<sup>3</sup> atau dengan nilai rata-rata sebesar 1854,4192 kg/m<sup>3</sup>. Dengan demikian beton ringan dengan agregat kasar ALWA dan dengan penambahan bahan pengisi *fly ash* masih memenuhi persyaratan sebagai beton ringan karena mempunyai berat volume kurang dari 1900 kg/m<sup>3</sup> sebagaimana disyaratkan dalam SKSNI T-15-1991 - 03.

Dari hasil-hasil tersebut terlihat bahwa penambahan *fly ash* cenderung menambah berat volume beton, karena *fly ash* yang ditambahkan mengisi pori-pori beton sehingga kepadatan meningkat dan diikuti dengan bertambahnya berat volume beton. Walau pada variasi penambahan 2 % mengalami penurunan berat volume beton, hal ini terjadi karena kemungkinan kurang telitinya pengukuran saat pengujian.

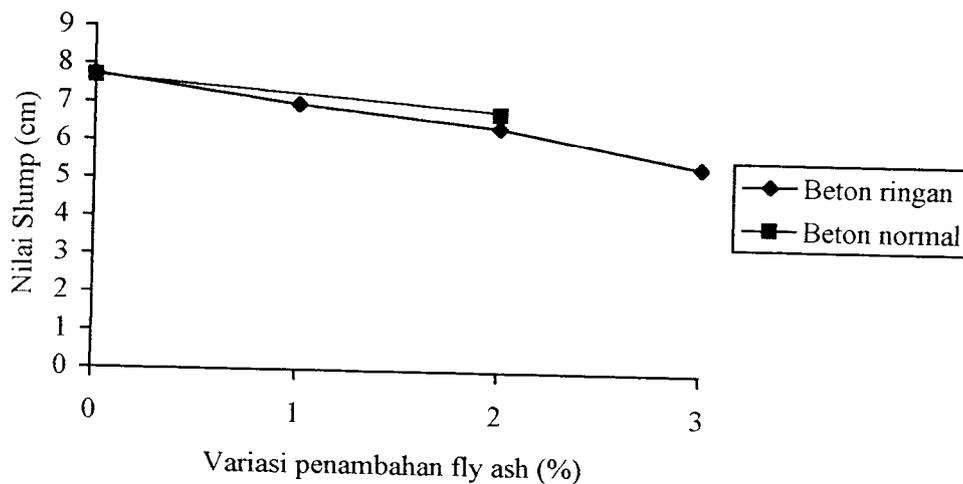
#### 4.2. Slump

Slump yang merupakan parameter untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, berkaitan erat dengan tingkat kemudahan beton untuk dikerjakan. Nilai-nilai slump yang dicapai pada berbagai variasi campuran beton normal dan beton ringan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Nilai slump pada berbagai variasi campuran

Variasi campuran	Umur	Beton normal		Beton ringan	
		slump	Slump Rata-rata	slump	Slump rata-rata
0 %	14	7,875	7,6875	8	7,75
	28	7,5		7,5	
1%	14			7	7
	28			7	
2 %	14	6,875	6,8125	6,25	6,4375
	28	6,75		6,625	
3%	14			5,625	5,4375
	28			5,25	

Dari tabel 4.2 terlihat bahwa terjadi penurunan nilai slump sejalan dengan penambahan *fly ash*, ini menunjukkan bahwa air dalam adukan diserap oleh *fly ash* yang mempunyai tingkat penyerapan air cukup tinggi. Penurunan nilai slump ini mempengaruhi tingkat kemudahan pengerjaan beton (*workability*), karena dengan turunnya nilai slump berarti kelecakan beton berkurang sehingga beton semakin kental dan sulit untuk dikerjakan. Dari nilai slump rencana sebesar 7 - 10 cm nilai slump terkecil yang terjadi adalah 5,475 cm yaitu pada beton ringan dengan penambahan *fly ash* 3 %. Untuk lebih jelasnya nilai-nilai slump tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara nilai slump dengan variasi penambahan *fly ash*

#### 4.3. Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan

Kekuatan desak beton mempunyai kecenderungan untuk bervariasi pada berbagai adukan. Besar variasi itu tergantung dari beberapa faktor (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1991), antara lain :

1. Variasi mutu bahan dari satu adukan ke adukan berikutnya.
2. Variasi cara pengadukan.
3. Keterampilan dan stabilitas pengaduk atau pekerja.

Karena penelitian ini dilakukan di laboratorium, diharapkan hasil yang dicapai sebaik mungkin dengan memperhatikan ketelitian pelaksanaannya.

Perhitungan kuat desak beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ) dimaksudkan untuk mengetahui mutu beton dan merupakan ukuran dari mutu pelaksanaannya. Perhitungan ini didasarkan pada ketentuan rumus sebagai berikut :

$$f_c' = f_{cr} - 1,64kS$$

Keterangan :

$f_c'$  = Kuat desak yang disyaratkan

$f_{cr}$  = Kuat desak rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

$k$  = Pengali deviasi standar

$S$  = Deviasi standar

Untuk memenuhi persyaratan di atas perlu dicari hal-hal sebagai berikut :

- a. Mencari deviasi standar

Deviasi standar dicari dengan rumus berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\frac{1}{N-1} \sum (f_{c28} - f_{cr})^2}{n}}$$

Keterangan :

$S$  = Deviasi standar ( $\text{kg/cm}^2$ )

$f_{c28}$  = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji ( $\text{kg/cm}^2$ )

$f_{cr}$  = Kuat tekan beton rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

$$f_{cr} = \frac{\sum f_c}{N}$$

$N$  = Jumlah benda uji

- b. Mencari konversi jumlah benda uji yang disyaratkan

Untuk mendapatkan standar kuat desak yang disyaratkan, sampel benda uji harus diambil 30 buah. Pada penelitian ini hanya diambil 20 buah karena keterbatasan alat cetak. Dari keadaan ini maka perlu diberikan faktor pengali terhadap deviasi standar yang dihitung berdasarkan tabel 4.3.

Tabel 4.3 Faktor pengali untuk deviasi standar bila data benda uji yang tersedia kurang dari 30 buah

Jumlah benda uji	Faktor pengali deviasi standar
15	1,160
18	1,120
19	1,096
20	1,080
25	1,030
$\geq 30$	1,000

- c. Faktor konversi kubus dengan dimensi  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$  sebesar 0,83 agar setara dengan sampel benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- d. Faktor umur beton, seperti terlihat pada tabel 4.4.

No	Umur (hari)	Nilai konversi
1	7	0,65
2	14	0,88
3	21	0,95
4	28	1

Hasil perhitungan kuat desak beton yang disyaratkan dengan ketentuan-ketentuan tersebut diatas adalah sebagai berikut :

## 1. Beton normal

Tabel 4.5 Kuat desak beton yg disyaratkan dg variasi penambahan *fly ash* 0 %

No	Umur (hari)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{c28}$	$(f_{c28}-f_{cr})^2$	S	$f_{c'} = (f_{cr}-1,64.1,08.S)$
1	14	287,9522	327,2184	1492,3223	30,6549	234,2917
2	14	258,3982	293,6343	25,4672		
3	14	262,3604	298,1368	91,1830		
4	14	249,3015	283,2971	27,9912		
5	14	239,2240	271,8454	280,3061		
6	14	265,3279	301,5090	166,9584		
7	14	209,6405	238,2279	2536,1206		
8	14	282,2920	320,7863	1036,7459		
9	14	275,8428	313,4577	618,5143		
10	14	268,4060	305,0068	269,5848		
11	28	315,2024	315,2024	708,3387		
12	28	332,9755	332,9755	1970,2670		
13	28	292,2481	292,2481	13,3978		
14	28	293,2259	293,2259	21,5124		
15	28	264,2278	264,2278	593,4106		
16	28	297,0644	297,0644	71,8531		
17	28	235,3403	235,3403	2835,2918		
18	28	251,7607	251,7607	1356,2325		
19	28	263,8099	263,8099	613,9442		
20	28	272,7809	272,7809	249,8565		
			$f_{cr}=288,5878$	$\Sigma=14979,289$		

Tabel 4.6 Kuat desak beton yg disyaratkan dg variasi penambahan *fly ash* 2 %

No	Umur (hari)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{c28}$	$(f_{c28}-f_{cr})^2$	S	$f_{c'} = (f_{cr}-1,64.1,08.S)$
1	14	236,2379	268,4522	704,7700	30,7539	240,5284
2	14	215,4476	244,8268	2517,3150		
3	14	287,1212	326,2741	978,0899		
4	14	269,8056	306,5972	134,5028		
5	14	279,9720	318,1500	535,9383		
6	14	294,0472	334,1446	1532,3233		
7	14	227,8324	258,9004	1303,1576		
8	14	272,5975	309,7699	218,1592		
9	14	230,1433	261,5264	1120,4589		
10	14	275,8955	313,5176	342,9114		
11	28	264,1596	264,1596	951,1093		
12	28	278,2561	278,2561	280,3487		
13	28	304,9713	304,9713	99,4329		
14	28	267,4391	267,4391	759,5870		
15	28	303,8061	303,8061	77,5526		
16	28	317,8532	317,8532	522,2803		
17	28	321,2293	321,2293	687,9943		
18	28	331,1345	331,1345	1305,7233		
19	28	306,7429	306,7429	137,9016		
20	28	262,2425	262,2425	1073,0317		
			$f_{cr}=294,9997$	$\Sigma=15282,588$		

## 2. Beton ringan

Tabel 4.7 Kuat desak beton ALWA yang disyaratkan dg penambahan *fly ash* 0 %

No	Umur (hari)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{c28}$	$(f_{c28}-f_{cr})^2$	S	$f_{c'} = (f_{cr}-1,64.1,08.S)$
1	14	230,6408	262,0918	2,3548	31,6135	207,6324
2	14	195,5075	222,1676	1718,8279		
3	14	279,7117	317,8542	2940,6584		
4	14	215,4383	244,8162	353,8206		
5	14	265,0665	301,2120	1412,6817		
6	14	265,8091	302,0557	1476,8208		
7	14	189,4418	215,2748	2337,8666		
8	14	261,2446	296,8688	1105,0641		
9	14	233,7802	265,6594	4,1333		
10	14	264,6037	300,6861	1373,4257		
11	28	275,3092	275,3092	136,4905		
12	28	229,9811	229,9811	1132,0026		
13	28	271,8055	271,8055	66,8988		
14	28	225,0112	225,0112	1491,1278		
15	28	294,7881	294,7881	971,0567		
16	28	270,8558	270,8558	52,2662		
17	28	242,1062	242,1062	463,1148		
18	28	209,7467	209,7467	2903,0103		
19	28	257,5281	257,5281	37,1887		
20	28	266,7079	266,7079	9,4961		
			$f_{cr}=263,6263$	$\Sigma=19988,366$		

Tabel 4.8 Kuat desak beton ALWA yang disyaratkan dg penambahan *fly ash* 1 %

No	Umur (hari)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{c28}$	$(f_{c28}-f_{cr})^2$	S	$f_{c'} = (f_{cr}-1,64.1,08.S)$
1	14	250,6548	284,8351	568,0293	28,907	209,8017
2	14	217,7628	247,4577	183,4398		
3	14	285,3449	324,2555	4001,0470		
4	14	240,8852	273,7331	162,0900		
5	14	227,3208	258,3191	7,1963		
6	14	255,0641	289,8455	831,9681		
7	14	218,1149	247,8579	172,7594		
8	14	258,5468	293,8031	1075,9343		
9	14	243,2174	276,3835	236,5990		
10	14	275,2264	312,7572	2678,6364		
11	28	237,0931	237,0931	571,6218		
12	28	266,1954	266,1954	26,9751		
13	28	214,1043	214,1043	2199,3633		
14	28	234,3836	234,3836	708,5209		
15	28	271,8097	271,8097	116,8140		
16	28	243,2992	243,2992	313,3777		
17	28	203,9222	203,9222	3258,0731		
18	28	270,5348	270,5348	90,8806		
19	28	253,3633	253,3633	58,3453		
20	28	216,0803	216,0803	2017,9289		
			$f_{cr}=261,0017$	$\Sigma=19279,600$		

Tabel 4.9 Kuat desak beton ALWA yang disyaratkan dg penambahan *fly ash* 2 %

No	Umur (hari)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{c28}$	$(f_{c28}-f_{cr})^2$	S	$f_{c'} = (f_{cr}-1,64.1,08.S)$
1	14	254,8274	289,5766	224,8154	33,1388	215,8872
2	14	254,2121	288,8774	204,3373		
3	14	273,0191	310,2490	1272,0836		
4	14	274,0872	311,4628	1360,1370		
5	14	238,6148	271,1532	11,7617		
6	14	258,0022	293,1843	346,0179		
7	14	211,9431	240,8444	1138,2755		
8	14	266,2893	302,6015	785,0519		
9	14	258,7782	294,0662	379,6044		
10	14	316,3527	359,4917	7209,5405		
11	28	287,3870	287,3870	163,9500		
12	28	222,0329	222,0329	2761,4844		
13	28	233,6986	233,6986	1671,5084		
14	28	259,7109	259,7109	221,1699		
15	28	259,4975	259,4975	227,5637		
16	28	233,6911	233,6911	1672,1242		
17	28	267,6215	267,6215	48,4592		
18	28	259,5708	259,5708	225,3571		
19	28	277,4351	277,4351	8,1361		
20	28	229,5020	229,5020	2032,2724		
			$f_{cr}=274,5827$	$\Sigma=21963,650$		

Tabel 4.10 Kuat desak beton ALWA yg disyaratkan dg penambahan *fly ash* 3 %

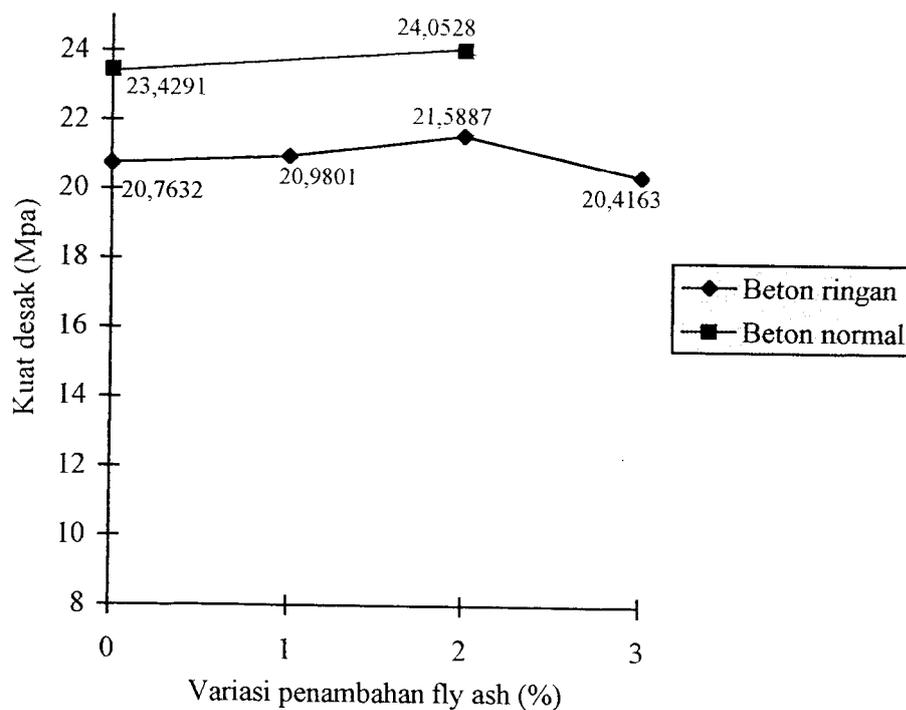
No	Umur (hari)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{c28}$	$(f_{c28}-f_{cr})^2$	S	$f_{c'} = (f_{cr}-1,64.1,08.S)$
1	14	191,2599	217,3408	1480,5049	29,1639	204,163
2	14	280,4335	318,6744	3950,9125		
3	14	229,9688	261,3282	30,3602		
4	14	234,3471	266,3036	109,9438		
5	14	194,7976	221,3609	1187,3049		
6	14	258,6584	293,9300	1452,5099		
7	14	216,8762	246,4502	87,7583		
8	14	265,3931	301,5831	2094,4279		
9	14	230,4292	261,8514	36,3999		
10	14	214,0756	243,2677	157,5137		
11	28	239,4739	239,4739	267,1329		
12	28	225,0133	225,0133	948,9365		
13	28	251,8294	251,8294	15,9099		
14	28	256,8780	256,8780	1,1232		
15	28	260,9025	260,9025	25,8505		
16	28	279,3072	279,3072	551,7356		
17	28	253,5198	253,5198	5,2826		
18	28	196,4283	196,4283	3527,1512		
19	28	237,6917	237,6917	328,5685		
20	28	283,2287	283,2287	751,3376		
			$f_{cr}=255,8181$	$\Sigma=17010,664$		

Hasil perhitungan kuat desak yang disyaratkan dari data pengujian benda uji pada penelitian ini dicantumkan dalam tabel 4.11.

Tabel 4.11 Kuat desak yang disyaratkan ( $f_c'$ )

No	Jenis beton	Variasi penambahan <i>fly ash</i>	$f_c'$ (kuat desak yg disyaratkan)	
			Kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
1	Beton normal	0 %	234,2917	23,4291
2		2 %	240,5284	24,0528
1	Beton ringan	0 %	207,6324	20,7632
2		1 %	209,8017	20,9801
3		2 %	215,8872	21,5887
4		3 %	204,1630	20,4163

Pengaruh penambahan *fly ash* pada kuat desak beton normal dan beton ringan pada berbagai variasi penambahan *fly ash* disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara kuat desak beton pada umur 28 hari dengan variasi penambahan *fly ash* terhadap volume adukan

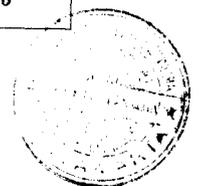
Dari tabel 4.11. dan gambar 4.3. dapat diketahui bahwa kuat desak beton normal terjadi kenaikan kuat desak pada variasi penambahan 2 % menjadi 24,0528 Mpa. Sedang pada beton ringan yang menggunakan agregat kasar ALWA disertai penambahan bahan pengisi *fly ash* pada umur 28 hari berkisar antara 20,4163 Mpa sampai 21,5887 Mpa dengan kuat desak tertinggi pada variasi penambahan 2 % terhadap volume adukan. Sedang pada variasi penambahan di atas 2 %, kuat desak kembali turun. Dengan demikian penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengisi pada beton normal maupun beton ringan dapat meningkatkan kuat desaknya pada batas-batas penambahan tertentu, dalam hal ini penambahan *fly ash* optimum adalah 2 %. Hal ini terjadi karena pada variasi tersebut pori-pori beton terisi oleh *fly ash* sehingga kepadatan beton meningkat.

Variasi penambahan *fly ash* 3 % tidak meningkatkan kuat desak beton karena dengan penambahan tersebut jumlah *fly ash* yang banyak, cenderung mengganggu lekatan pasta semen pada agregat bahkan membentuk gumpalan-gumpalan *fly ash* yang tidak dapat tercampur dengan pasta semen. Hal inilah yang menyebabkan penurunan kuat desak beton.

Pada beton ringan dengan ALWA sebagai agregat, kuat desak rencana sebesar 22,5 Mpa ternyata tidak tercapai. Dari pengamatan pada benda uji hasil uji desak terlihat bahwa saat diuji desak, agregat ALWA akan pecah lebih dulu. Hal ini menunjukkan bahwa daya ikat pasta semen masih kuat tetapi agregat sudah mencapai batas kemampuan menahan desak sehingga pecah lebih dulu. Prosentase perubahan kuat desak yang terjadi terhadap kuat desak rencana disajikan dalam tabel 4.12.

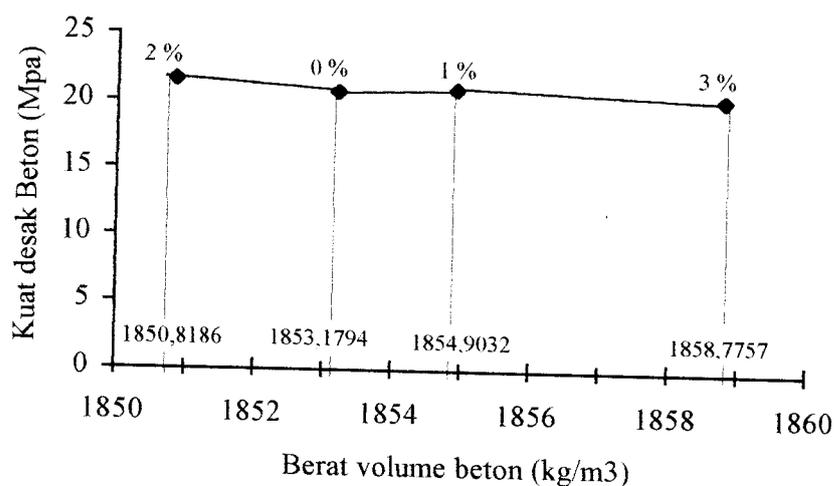
Tabel 4.12 Prosentase perubahan kuat desak dari kuat desak rencana

	Variasi penamb. fly ash	Kuat desak rencana (Mpa)	Kuat desak yang disyaratkan (Mpa)	Perubahan (%)		Perubahan thd variasi penamb. 0 % fly ash
				Turun	Naik	
Beton ALWA	0 %	22,5	20,7632	7,719	-	0 %
	1 %	22,5	20,9801	6,755	-	+ 1,045 %
	2 %	22,5	21,0887	6,272	-	+ 1,568 %
	3 %	22,5	20,4163	9,261	-	- 1,671 %
Beton normal	0 %	22,5	23,4291	-	4,128	0 %
	2 %	22,5	24,0528	-	6,902	+ 2,662 %



Dengan mengetahui prosentase perubahan kuat desak dari Tabel 4.12 dapat direncanakan kuat desak rencana pada perhitungan setingkat diatas kuat desak rencana sesungguhnya, untuk mencapai kuat desak yang diharapkan, khususnya diaplikasikan pada perencanaan beton ringan ALWA.

Pada penambahan *fly ash* sebanyak 2 % berat volume beton ringan yang terjadi adalah  $1850,8186 \text{ kg/m}^3$ , dengan teori semakin tinggi berat volume beton makin besar kuat desaknya, hubungan kuat desak dan berat volume beton digambarkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kuat desak beton ringan dengan berat volume

Pada grafik tersebut terlihat kuat desak beton tertinggi terjadi pada berat volume beton terendah, hal ini tidak menutup kemungkinan kurang telitinya pengukuran berat volume beton, pada keadaan tersebut berat volume seharusnya bertambah pada setiap penambahan *fly ash*. Sedang pada variasi penambahan 3 % pada berat volume tertinggi, kuat desak beton ringan turun kembali. Dengan demikian pada beton ringan disertai penambahan bahan pengisi *fly ash*, berat volume yang tinggi karena penambahan *fly ash* justru menurunkan kuat desak beton, dimungkinkan karena *fly ash* yang berlebihan justru mengganggu lekatan pasta dengan agregat.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Beton dengan agregat kasar ALWA disertai penambahan bahan pengisi *fly ash* antara 0 % - 3 % terhadap volume campuran, termasuk beton ringan dengan berat volume dibawah  $1,900 \text{ gr/cm}^3$  sesuai dengan persyaratan SK SNI T-15 - 1991-03.
2. Beton dengan agregat kasar ALWA mengalami kenaikan kuat desak dengan penambahan bahan pengisi *fly ash* pada batas-batas penambahan tertentu. Kenaikan kuat desak beton paling tinggi terjadi pada variasi penambahan *fly ash* 2 % dan penambahan *fly ash* selanjutnya cenderung menurunkan kuat desak beton ALWA.
3. Kuat desak rencana 22,5 Mpa pada rencana kuat desak beton ringan dengan ALWA sebagai agregat kasar tidak tercapai, sehingga untuk pemakaian sebagai beton struktur direkomendasikan penggunaan untuk perencanaan kuat desak  $\leq 20 \text{ Mpa}$ .

#### **5.2. Saran**

Dari hasil penelitian yang dilaksanakan, penyusun dapat memberikan saran yang diharapkan dapat berguna nantinya, antara lain :

1. Perlu dicoba pengujian agregat ALWA untuk keperluan lain, misalnya campuran aspal beton atau sebagai komponen bangunan yang lain.
2. Perlu dicoba percobaan pemakaian bahan tambah *fly ash* pada variasi penambahan yang lain atau dengan metode lain.

3. Penggunaan kuat desak rencana pada penghitungan perencanaan setingkat diatas kuat desak rencana sesungguhnya, untuk mencapai kuat desak yang diharapkan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. A. Antono, 1971, **DIKTAT TEKNOLOGI BETON**, FT UGM, Yogyakarta.
2. Bambang Ismanto, 1991, **STABILITAS ABU TERBANG SURALAYA**, Seminar Mekanika Bahan - PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
3. Chu-kia Wang dan Salmon, C.G., 1993, **DISAIN BETON BERTULANG**, Erlangga, Jakarta.
4. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Cipta Karya, 1991, **TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG SK-SNI**, Yayasan LPMB Bandung.
5. Departemen Pekerjaan Umum, **LOKA PERINTISAN BAHAN BANGUNAN LOKAL CILACAP**, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Pemukiman Badan Penelitian Dan Pengembangan PU, Cilacap.
6. Hidayanto dan Heri Ismayanto, 1997, **PENGGUNAAN ALWA SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA BETON RINGAN**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII, Yogyakarta
7. Kardiyono Tjokrodinuljo, 1992, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
8. Lydon, F.D., 1979. **CONCRETE MIX DESIGN**, Applied Science Publisher Ltd., London.
9. M. Kusnadi, **TEKNOLOGI BETON**, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITB, Bandung.
10. Murdock L.J, Brook K.M, 1986, **BAHAN DAN PRAKTEK BETON**, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.

# LAMPIRAN



# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpn : 895330 Yogyakarta

## HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

Beton normal, 0% ; 14 hari

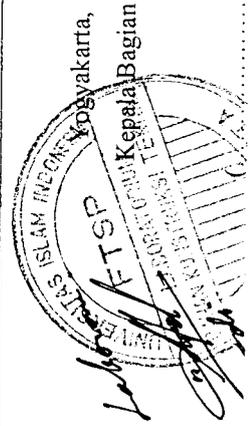
Pengirim : ..... Benda uji asal : .....  
 Keperluan : ..... Diterima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan (ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,21 x 15,17 x 15,32		8,4886	23-06-97	08-07-97		785		
2	15,02 x 14,72 x 15,14		8,0720				675		
3	15,02 x 14,82 x 15,18		8,2125				690		
4	14,87 x 14,84 x 15,17		8,0955				650		
5	15,02 x 14,84 x 15,10		8,3495				630		
6	15,14 x 15,17 x 15,22		8,270				720		
7	15,02 x 15,12 x 15,52		8,428				570		
8	15,22 x 15,07 x 15,32		8,4850				765		
9	15,12 x 15,22 x 15,10		8,4030				750		
10	15,16 x 15,08 x 15,24		8,3495				725		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat dsak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm<sup>2</sup>

Slope I : 8,25  
 II : 7,5





# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpon : 895330 Yogyakarta

## HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

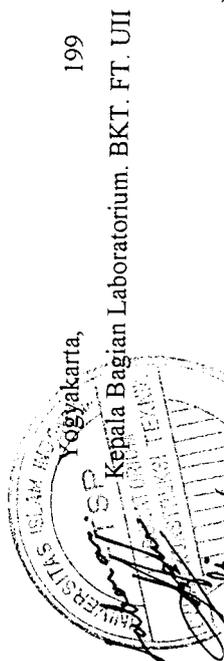
NO. / / /199 Beton normal, 0% ; 28 hari

Pengirim : ..... Benda uji asal : .....  
 Keperluan : ..... Diterima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan (ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,13 x 15,08 x 15,225	228, 2360	8, 3600			2,4058	850		
2	15,18 x 15,07 x 15,16	228, 7626	8, 3440			2,40596	900		
3	14,96 x 15,34 x 15,22	230, 2344	8, 4858			2,42481	795		
4	14,97 x 14,75 x 15,19	220, 8075	7, 9840			2,3803	765		
5	14,80 x 15,15 x 15,40	224, 220	8, 3280			2,4118	700		
6	15,08 x 15,02 x 15,25	226, 5016	8, 3500			2,41738	795		
7	15,15 x 14,955 x 15,26	226, 5682	8, 1870			2,3679	630		
8	15,17 x 15,18 x 15,08	230, 2806	8, 3680			2,4097	685		
9	14,135 x 14,98 x 15,13	211, 7423	8, 2270			2,5679	660		
10	14,98 x 15,12 x 15,16	226, 4976	8, 2720			2,4090	730		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur ..... hari = ..... kg/cm<sup>2</sup>  
 - Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ..... = ..... kg/cm<sup>2</sup>

Slope I : 6/5  
 II : 8/5





# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpun : 895330 Yogyakarta

## HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

beton normal, 2% ; 14 hari

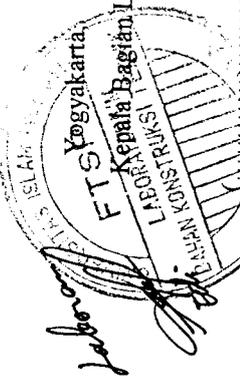
NO. / / 199

Pengirim : ..... Benda uji asal : .....  
 Keperluan : ..... Diterima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan (ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,016 x 15,27 x 14,940		8,410	25-06-97	09-07-97		640		
2	15,075 x 15,245 x 15,190		8,190				585		
3	15,020 x 15,210 x 15,075		8,3350				775		
4	15,160 x 14,795 x 15,220		8,1160				715		
5	15,023 x 14,690 x 14,97		8,264				730		
6	15,535 x 14,915 x 15,045		8,650				805		
7	15,010 x 14,850 x 14,915		8,230				600		
8	15, 5 x 15,085 x 14,990		8,340				730		
9	15,155 x 15,045 x 14,905		8,2050				620		
10	14,970 x 15,140 x 15,215		8,335				690		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur ..... hari = ..... kg/cm<sup>2</sup>  
 - Perkiraan rata-rata kuat dsak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ..... kg/cm<sup>2</sup>

Slup I : 615  
 II : 725





# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpn : 8953330 Yogyakarta

## HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

Beton normal, 2% ; 28 hari

NO. / / 199

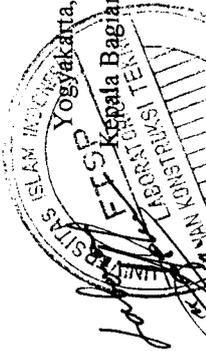
Pengirim : ..... Benda uji asal : .....  
 Keperluan : ..... Diterima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan (ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,085 x 15,080 x 15,255		8,2650				710		
2	15,16 x 15,175 x 15,195		8,2820				785		
3	15,48 x 14,88 x 15,11		8,325				830		
4	15,05 x 15,14 x 15,055		8,235				720		
5	15,34 x 15,255 x 15,165		8,4770				840		
6	14,88 x 15,30 x 15,150		8,3970				855		
7	14,84 x 15,18 x 15,21		8,194				855		
8	15,025 x 15,14 x 15,05		8,3460				890		
9	15,075 x 15,10 x 15,32		8,429				825		
10	14,830 x 15,125 x 14,92		8,483				695		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

Sikap I : 7  
 II : 6,5





# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpun : 8953330 Yogyakarta

## HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

Beton Ringan, 0%; 14 hari

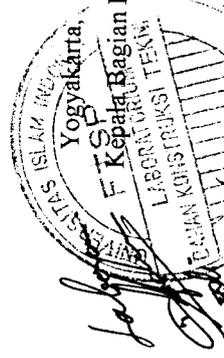
NO. / / 199

Pengirim : ..... Benda uji asal : .....  
 Keperluan : ..... Diterima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan (ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,27 x 15,02 x 15,18		6,3285				625		
2	14,81 x 15,20 x 15,02		6,1245				520		
3	15,21 x 15,02 x 15,02		6,3644				755		
4	15,12 x 15,20 x 15,30		6,675				585		
5	15,20 x 15,02 x 14,82		6,339				715		
6	14,97 x 14,57 x 15,12		6,1150				685		
7	15,07 x 15,12 x 15,07		6,257				510		
8	15,22 x 15,22 x 15,12		6,3570				715		
9	14,77 x 15,32 x 15,12		6,5440				625		
10	15,12 x 15,02 x 15,32		6,4970				710		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur ..... hari = ..... kg/cm<sup>2</sup>  
 - Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ..... = ..... kg/cm<sup>2</sup>

Slope I : 715  
 II : 815





# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpn : 8953330 Yogyakarta

## HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199 Beton Ringan, 0%; 28 hari

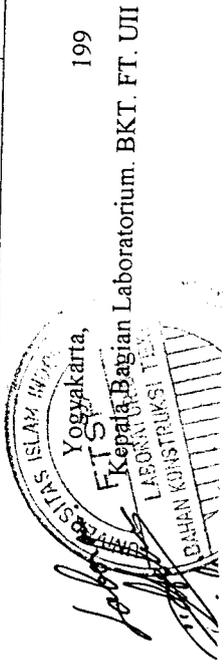
Pengirim : ..... Benda uji asal : .....  
 Keperluan : ..... Diterima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) p x l x t	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan (ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,05 x 15,32 x 15,44		6,5786				750		
2	14,96 x 15,60 x 15,24		6,460				635		
3	15,09 x 15,27 x 15,00		6,4850				740		
4	15,175 x 15,12 x 15,36		6,630				610		
5	14,88 x 15,02 x 14,98		6,4980				780		
6	15,09 x 15,22 x 15,245		6,3210				735		
7	15,30 x 15,08 x 15,135		6,1980				660		
8	14,85 x 14,945 x 15,10		6,372				550		
9	14,74 x 15,05 x 15,22		6,3400				675		
10	15,19 x 15,16 x 15,30		6,628				740		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

Slopp I : 6  
 II : 9





**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpn : 895330 Yogyakarta

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

Beton T'ngan, 1% ; 14 hari

NO. / / 199

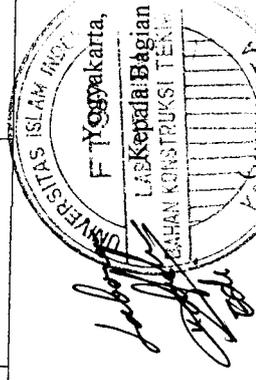
Pengirim : ..... Benda uji asal : .....  
 Keperluan : ..... Diterima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan (ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	14,810 x 15,390 x 15,290		6,3700	24-06-97	08-07-97		675		
2	14,930 x 15,175 x 15,355		6,625				605		
3	15,06 x 14,870 x 15,26		6,451				755		
4	15,175 x 15,05 x 15,30		6,580				650		
5	15,05 x 14,72 x 15,101		6,2955				595		
6	15,66 x 14,303 x 15,170		6,3010				675		
7	15,110 x 15,286 x 15,115		6,575				595		
8	15,29 x 14,880 x 14,160		6,400				695		
9	14,97 x 15,110 x 15,15		6,550				650		
10	14,88 x 14,88 x 15,490		6,4320				720		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur ..... hari = ..... kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat dsak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ..... = ..... kg/cm<sup>2</sup>

Slup I : 6/5  
 II : 7/5





# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpun : 895330 Yogyakarta

## HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

Beton Tinggah; 1%; 28 hari

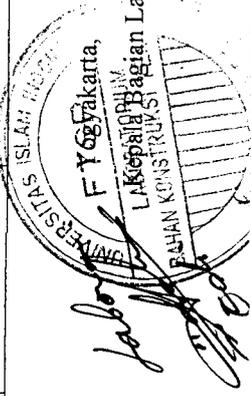
NO. / / 199

Pengirim : ..... Benda uji asal : .....  
 Keperluan : ..... Diterima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan (ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,13 x 15,10 x 15,15		6,3970	2 .. 06 - 97			640		
2	15,13 x 15,17 x 15,12		6,6470				730		
3	15,03 x 14,86 x 15,26		6,6030				565		
4	15,64 x 15,7 x 15,165		6,6950				680		
5	15,0 x 15,05 x 15,14		6,4710				725		
6	15,10 x 15,32 x 15,37		6,8130				665		
7	15,35 x 14,06 x 15,44		6,778				520		
8	15,21 x 15,015 x 15,30		6,7240				730		
9	15,235 x 14,91 x 15,475		6,6000				680		
10	15,055 x 15,22 x 15,355		6,6720				585		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur ..... hari = ..... kg/cm<sup>2</sup>  
 - Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ..... = ..... kg/cm<sup>2</sup>

Slump I : 8  
 II : 6





# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpn : 8953330 Yogyakarta

## HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

Beton Ringan, 2% ; 4 hari

NO. / / 199

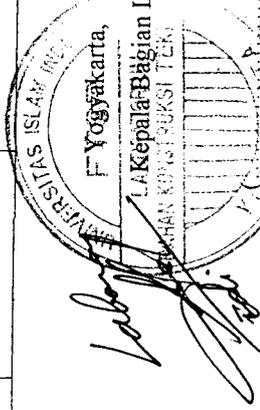
Pengirim : ..... Benda uji asal : .....  
 Keperluan : ..... Diterima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan (ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,36 x 14,92 x 15,11		6,6050	25 - 06 - 97			690		
2	14,955 x 15,25 x 15,02		6,5860				685		
3	15,130 x 15,06 x 15,135		6,6150				735		
4	15,20 x 15,135 x 15,065		6,5160				745		
5	15,22 x 14,915 x 15,065		6,330				690		
6	15,04 x 15,05 x 15,110		6,4550				690		
7	15,155 x 15,415 x 14,446		6,3250				585		
8	15,205 x 15,155 x 14,995		6,5450				725		
9	14,585 x 15,225 x 14,975		6,1900				670		
10	14,40 x 15,235 x 15,05		6,2650				820		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

Slump I : 6  
 II : 6,5



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Yogyakarta,  
 Kepala Bagian Laboratorium. BKT. FT. UJI



# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpn : 895330 Yogyakarta

## HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

Beton Ringan, 2% ; 28 hari

NO. / / 199

Pengirim : ..... Benda uji asal : .....

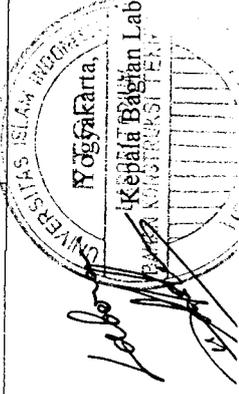
Keperluan : ..... Diterima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) p x l x t	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan (ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,09 x 14,93 x 15,19		6,5480	29-06-97			765		
2	15,09 x 14,525 x 15,24		6,265				575		
3	15,14 x 15,07 x 14,96		6,5990				630		
4	15,185 x 15,13 x 15,11		6,7460				705		
5	15,04 x 15,18 x 15,85		6,6590				700		
6	15,07 x 14,78 x 15,10		6,4190				615		
7	14,88 x 15,09 x 15,18		6,5470				710		
8	14,98 x 14,91 x 15,115		6,463				685		
9	15,36 x 15,07 x 15,09		6,748				740		
10	15,04 x 15,325 x 15,20		6,7230				625		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat dsak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

Simp I : 7,25  
II : 6



kg/cm<sup>2</sup>



# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpun : 895330 Yogyakarta

## HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

Beton ringan, 3%; 14 hari

NO. / / 199

Pengirim : ..... Benda uji asal : .....  
 Keperluan : ..... Diterima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan (ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,820 x 15,655 x 15,435		6,6670	24-06-97			560		
2	15,210 x 15,180 x 15,220		6,5700				765		
3	15,156 x 15,056 x 15,285		6,4820				620		
4	15,250 x 15,157 x 15,130		6,665				640		
5	15,210 x 15,325 x 15,0		6,580				540		
6	15,310 x 15,175 x 14,940		6,556				710		
7	15,210 x 15,395 x 15,175		6,6480				600		
8	15,110 x 14,880 x 14,980		6,4670				705		
9	15,040 x 15,630 x 15,54		6,6030				640		
10	15,245 x 15,090 x 14,965		6,4200				605		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur

hari =

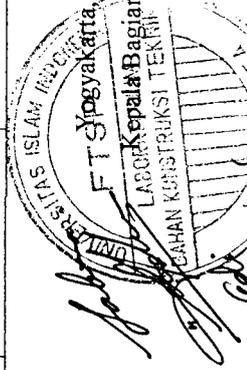
kg/cm<sup>2</sup>

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

kg/cm<sup>2</sup>

199

Group I : 5  
 II : 6,25



FT Yogyakarta,  
 LABORATORIUM Bagian Laboratorium. BKT. FT. UII  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK



# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpun : 895330 Yogyakarta

## HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

Beton Ringan, 3%, 28 hari

NO. / / 199

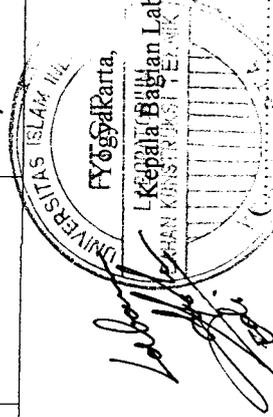
Pengirim : ..... Benda uji asal : .....  
 Keperluan : ..... Diterima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) pxixl	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan (ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,14 x 14,945 x 15,23		6,8230				640		
2	15,35 x 15,07 x 15,43		6,444				615		
3	14,87 x 15,03 x 15,47		6,318				665		
4	15,20 x 15,065 x 15,455		6,509				695		
5	15,055 x 14,76 x 15,40		6,350				685		
6	15,03 x 15,02 x 14,99		6,324				745		
7	15,165 x 15,63 x 15,49		6,7940				710		
8	14,71 x 15,085 x 15,255		6,1800				515		
9	15,01 x 15,301 x 14,47		6,383				645		
10	15,27 x 15,09 x 15,23		6,300				720		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat dsak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

Slup I : 4  
 II : 6,5



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Yogyakarta,  
 Kepala Bagian Laboratorium. BKT. FT. UII