

PERPUSTAKAAN FTSP ON  
HADIAH/BELI

TGL. TERIMA : 30-3-2001

NO. JUDUL :

NO. INV. : 478/TA/JTS

NO. INDUK. :

## TUGAS AKHIR

5120003361001

# STUDI KOMPARASI PENGGUNAAN FLY ASH DAN SILICA FUME PADA BETON MUTU TINGGI



MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Disusun oleh :

1. Nama : ARIF SYAFEI WIBOWO

No.Mhs : 94310046

NIRM : 9430051013114120046

2. Nama : ANTON THOHARI

No.Mhs : 94310048

NIRM : 9430051013114120048

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

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI KOMPARASI PENGGUNAAN**  
**FLY ASH DAN SILICA FUME**  
**PADA BETON MUTU TINGGI**

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

**Oleh :**

**Nama : ARIF SYAFEI WIBOWO**  
**No.Mhs : 9 4 3 1 0 0 4 6**  
**NIRM : 9430051013114120046**

**Nama : ANTON THOHARI**  
**No.Mhs : 9 4 3 1 0 0 4 8**  
**NIRM : 9430051013114120048**

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

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**STUDI KOMPARASI PENGGUNAAN**  
**FLY ASH DAN SILICA FUME**  
**PADA BETON MUTU TINGGI**

Nama : ARIF SYAFEI WIBOWO  
No.Mhs : 9 4 3 1 0 0 4 6  
NIRM : 9430051013114120046

Nama : ANTON THOHARI  
No.Mhs : 9 4 3 1 0 0 4 8  
NIRM : 9430051013114120048

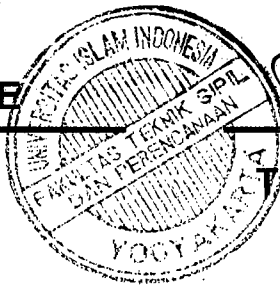
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Ir. H. MOCH.TEGUH, MSCE**

**Dosen Pembimbing I**

**Ir. FAISOL AM,MS**

**Dosen Pembimbing II**



*[Handwritten signature]*

Tanggal : 25-01-2001

*[Handwritten signature]*

Tanggal : 25-01-2001

Asyhadu an laa ilaaha illallah,  
wa Asyhadu anna Muhammadar  
rasuulullah

MOTTO

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Dengan nama Allah  
Yang Maha Pemurah, Maha Penyayang

Kupersembahkan Tugas Akhir ini  
untuk Bapak dan Ibu tercinta,  
kakak dan adikku (Muhammad Tauchid &  
Choiroh Umatun).

## PRAKATA

*Assalamualaikum. Wr. Wb.*

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga telah diselesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Komparasi Penggunaan *Fly ash* dan *Silica fume* pada Beton Mutu Tinggi” yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, tentunya tidak lepas dari rintangan dan hambatan. Namun dengan bantuan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya hambatan dan rintangan tersebut dapat teratasi. Untuk itu pada kesempatan ini disampaikan rasa terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Moch. Teguh, MSCE, selaku dosen pembimbing I,
2. Bapak Ir. Faisol AM, MS, selaku dosen pembimbing II,
3. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia,
4. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
5. Segenap karyawan Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
6. Bapak, Ibu, Kakak dan Adik-adikku tercinta, yang telah banyak memberikan bantuan dan doa serta dorongan moril maupun materiil,
7. Rekan-rekan kelas F'94 dan yang melaksanakan penelitian di laboratorium BKT pada waktu yang sama,
8. semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Disadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, untuk itu diharapkan masukan-masukan untuk dapat lebih sempurnanya Tugas Akhir ini. Diharapkan semoga apa yang sudah diusahakan ini dapat memberi manfaat yang baik bagi semua pihak.

Akhir kata semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua, sehingga sebagai hamba-Nya bisa senantiasa mensyukuri nikmat yang telah diberikan-Nya dan dapat selalu berkreasi untuk mencapai hal yang lebih baik dari apa yang sudah kita capai sekarang.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, Desember 2000

Penulis

**ARIF SYAFEI WIBOWO**

**ANTON THOHARI**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>PRAKATA</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	xiii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Pokok Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Rumusan Masalah .....	4
1.6 Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	9
3.1 Umum .....	9
3.2 Bahan Penyusun Beton .....	10



3.2.1 Semen Portland .....	10
3.2.2 Agregat .....	11
3.2.3 Air .....	13
3.2.4 Bahan-tambah .....	13
3.3 Rasio Air Semen dan Pozzolan .....	15
3.4 Slump .....	16
3.5 Workabilitas .....	16
3.6 Reaksi Pozzolan .....	16
3.7 Peningkatan Umur Beton .....	17
3.8 Metode Perencanaan Adukan Beton .....	17
3.9 Metode Rawatan .....	19
3.10 Metode Pengujian Kuat Desak .....	19
<b>BAB IV PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
4.1 Pelaksanaan Penelitian .....	20
4.1.1 Pemeriksaan Bahan .....	20
4.1.2 Perancangan Campuran Beton .....	24
4.1.3 Komposisi Benda Uji .....	32
4.1.4 Percobaan Slump .....	34
4.1.5 Pembuatan Adukan Beton .....	35
4.1.6 Pencetakan Beton .....	35
4.1.7 Rawatan Beton .....	36
4.1.8 Pengujian Kuat Desak Beton .....	36
4.2 Hasil Penelitian .....	38

4.2.1 Hasil Pengujian Bahan .....	38
4.2.2 Hasil Pengujian Slump .....	40
4.2.3 Hasil Pengujian Kuat Desak .....	41
<b>BAB V ANALISI DAN PEMBAHASAN</b> .....	48
5.1 Analisis .....	48
5.1.1 Analisis Kuat Desak .....	48
5.1.2 Analisi Biaya .....	52
5.2 Pembahasan .....	55
5.2.1 Kuat Desak .....	55
5.2.2 Biaya .....	64
<b>BAB VI SIMPULAN DAN SARAN</b> .....	67
6.1 Simpulan .....	67
6.2 Saran .....	68
<b>Daftar Pustaka</b> .....	69
<b>Lampiran</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Persyaratan kimia <i>fly ash</i>
Tabel 3.2	Perkiraan proporsi campuran untuk beton mutu tinggi
Tabel 4.1	Perbandingan berat c+p dan <i>fly ash</i>
Tabel 4.2	Perbandingan berat c+p dan <i>silca fume</i>
Tabel 4.3	Proporsi campuran dengan bahan tambah <i>fly ash</i>
Tabel 4.4	Proporsi campuran dengan bahan tambah <i>silca fume</i>
Tabel 4.5	Proporsi campuran dengan bahan tambah <i>fly ash</i> (benda uji)
Tabel 4.6	Proporsi campuran dengan bahan tambah <i>silca fume</i> (benda uji)
Tabel 4.7	Komposisi benda uji
Tabel 4.8	Pengujian Modulus Halus Butir
Tabel 4.9	Pemeriksaan berat jenis
Tabel 4.10	Pemeriksaan kadar lumpur
Tabel 4.11	Pemeriksaan berat jenis (agregat kasar)
Tabel 4.12	Pengujian berat volume
Tabel 4.13	Pengujian kadar air dan serapan
Tabel 4.14	Hasil pengujian slump
Tabel 4.15	Hasil uji desak beton dengan campuran dasar
Tabel 4.16	Hasil pengujian desak beton dengan 2,5% <i>silca fume</i>
Tabel 4.17	Hasil pengujian desak beton dengan 2,5% <i>fly ash</i>
Tabel 4.18	Hasil pengujian desak beton dengan 5% <i>silca fume</i>
Tabel 4.19	Hasil pengujian desak beton dengan 5% <i>fly ash</i>
Tabel 4.20	Hasil pengujian desak beton dengan 7,5% <i>silca fume</i>
Tabel 4.21	Hasil pengujian desak beton dengan 7,5% <i>fly ash</i>
Tabel 5.1	Perhitungan kuat desak rata-rata beton campuran dasar
Tabel 5.2	Konversi kuat desak beton pada umur 28 hari
Tabel 5.3	Nilai rata-rata 2 benda uji (campuran dasar)
Tabel 5.4	Rekapitulasi perhitungan kuat desak beton
Tabel 5.5	Rakapitulasi bahan
Tabel 5.6	Rekapitulasi perhitungan biaya bahan pembuatan beton mutu tinggi per m <sup>3</sup> beton.
Tabel 5.7	Kuat desak hasil rata-rata hasil penelitian Sapartono.
Tabel 5.8	Angka konversi beton mutu tinggi (50-65 MPa)

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1 Grafik perkiraan w/c maksimum
- Gambar 5.1 Peningkatan umur terhadap kuat desak beton campuran dasar, 2,5% *silca fume* dan 2,5% *fly ash*.
- Gambar 5.2 Peningkatan umur terhadap kuat desak beton campuran dasar, 5% *silca fume* dan 5% *fly ash*.
- Gambar 5.3 Peningkatan umur terhadap kuat desak beton campuran dasar, 7,5% *silca fume* dan 7,5% *fly ash*.
- Gambar 5.4 Angka konversi untuk campuran dasar dan *silica fume*
- Gambar 5.5 Angka konversi untuk campuran dasar dan *fly ah*
- Gambar 5.6 Angka konversi untuk campuran dasar dan Sapatono
- Gambar 5.7 Angka konversi beton mutu tinggi 50-65 MPa.
- Gambar 5.8 Peningkatan prosentase *silica fume* dan *fly ash* terhadap kuat desak aktual
- Gambar 5.9 Peningkatan prosentase *silica fume* dan *fly ash* terhadap biaya

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data pemeriksaan gradasi agregat halus.
- Lampiran 2 Data pemeriksaan berat jenis agrgat halus.
- Lampiran 3 Data pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir.
- Lampiran 4 Data pemeriksaan volume agragat kasar.
- Lampiran 5 Data pemeriksaan berat jenis agregat kasar.
- Lampiran 6 Hasil uji desak campuran dasar
- Lampiran 7 Hasil uji desak beton dengan *fly ash* 2,5%
- Lampiran 8 Hasil uji desak beton dengan *fly ash* 5%
- Lampiran 9 Hasil uji desak beton dengan *fly ash* 7,5%
- Lampiran 10 Hasil uji desak beton dengan *silca fume* 2,5%
- Lampiran 11 Hasil uji desak beton dengan *silca fume* 5%
- Lampiran 12 Hasil uji desak beton dengan *silca fume* 2,5%
- Lampiran 13 Hasil pengujian kimia *fly ash*
- Lampiran 14 Perhitungan kuat desak beton dengan campuran 2,5% *silca fume*
- Lampiran 15 Perhitungan kuat desak beton dengan campuran 5% *silca fume*
- Lampiran 16 Perhitungan kuat desak beton dengan campuran 7,5 % *silca fume*
- Lampiran 17 Perhitungan kuat desak beton dengan campuran 2,5% *fly ash*
- Lampiran 18 Perhitungan kuat desak beton dengan campuran 5 % *fly ash*
- Lampiran 19 Perhitungan kuat desak beton dengan campuran 7,5 *fly ash*

## DAFTAR ISTILAH

$B_j$	=	Berat jenis
$w/(c+p)$	=	Water/semant + Pozzolan (Faktor air semant dan pozzolan)
$MHB$	=	Modulus halus butir
$f_c$	=	Kuat tekan beton (Mpa)
$f_{cr}$	=	Kuat tekan beton rata-rata (Mpa)
$S$	=	Standart deviasi (Mpa)
$SSD$	=	<i>Saturated Surface Dry</i> (jenuh kering permukaan)
$P/A$	=	Gaya/Luas (Kuat tekan beton)(Mpa)
$CD$	=	Campuran dasar
$SF$	=	<i>Silica Fume</i>
$FA$	=	<i>Fly Ash</i>
$HRWR$	=	<i>High Range Water Reducer</i> (Bahan pengurang kandungan air)

## ABSTRAK

*Silica fume* dan *fly ash* dikenal sebagai bahan tambah yang digunakan dalam pembuatan beton mutu tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan penggunaan *silica fume* dan *fly ash* pada beton mutu tinggi dalam segi kekuatan dan biaya. Dalam penelitian ini digunakan variasi substitusi kedua bahan-tambah tersebut, masing-masing sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dari berat semen sedangkan untuk mencapai workabilitas yang diinginkan dilakukan penambahan superplastisizer dengan metode trial and error.

Dari pengujian dan perhitungan didapatkan hasil pada variasi 2,5% kuat desak *silica fume* lebih tinggi dibanding *fly ash* dan beton tanpa bahan-tambah disetiap peningkatan umurnya yaitu umur 7, 14, 21 dan 28 hari dan setelah dikonversi ke 28 hari didapat kuat desak rata-rata sebesar 60,484 MPa untuk beton dengan menggunakan *silica fume* dan 56,344 MPa untuk beton dengan menggunakan *fly ash*. Pada variasi 5% kuat desak *silica fume* lebih tinggi dibanding *fly ash* dan beton tanpa *fly ash* atau *silica fume* disetiap peningkatan umurnya yaitu umur 7, 14, 21 dan 28 hari dan setelah dikonversi ke 28 hari didapat rata-rata kuat desak sebesar 64,427 MPa untuk beton dengan menggunakan *silica fume* dan 62,969 MPa untuk beton dengan menggunakan *fly ash*. Pada variasi 7,5% kuat desak *silica fume* lebih tinggi dibanding *fly ash* dan beton tanpa bahan-tambah disetiap peningkatan umurnya yaitu umur 7, 14, 21 dan 28 hari dan setelah dikonversi ke 28 hari didapat kuat desak rata-rata sebesar 64,775 MPa untuk beton dengan menggunakan *silica fume* dan 63,783 MPa untuk beton dengan menggunakan *fly ash*. Sedangkan perhitungan harga satuan produksi untuk beton mutu tinggi dengan bahan tambah *silica fume* dan *fly ash* diperoleh beton dengan bahan tambah *silica fume* lebih mahal dibandingkan beton dengan *fly ash*.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton sudah sejak lama dipakai secara umum sebagai bahan konstruksi karena mempunyai kekuatan tekan yang memadai, mudah dibentuk, mudah diproduksi secara lokal, dan ekonomis. Dalam pembangunan gedung-gedung bertingkat tinggi dan super tinggi di kota-kota besar dibutuhkan beton dengan kekuatan tinggi. Beton mutu tinggi merupakan pilihan yang tepat.

Beton mutu tinggi didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan silinder melebihi 41 Mpa. Upaya untuk mendapatkan beton mutu tinggi yaitu dengan meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya kekerasan agregat dan kehalusan butir semen. Selain itu dalam perkembangan teknologi beton telah berhasil digunakan berbagai jenis bahan tambahan atau *admixtures* campuran beton guna meningkatkan mutu dan kinerja beton. Dengan ditemukannya bahan-bahan tersebut terjadi kemajuan pesat dalam produksi beton mutu tinggi (*high strength concrete*) bahkan beton mutu sangat tinggi (*ultra high strength concrete*). Untuk pembuatan beton mutu tinggi dikenal beberapa bahan-tambah untuk merekayasa kekuatan beton, seperti : *fly ash*, *silica fume*, *polymers*, debu-kerak tungku (*blast furnace slag*). Kedua bahan yang disebut di depan yaitu *fly ash* dan



*silica fume* digunakan sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kekuatan beton dengan pertimbangan bahwa *silica fume* dan *fly ash* mempunyai sifat pozzolan dan mampu mengisi pori-pori beton. Sifat pozzolan tersebut memungkinkan terbentuknya perekat baru semacam semen akibat reaksi antara silikon oksida yang terkandung dalam *fly ash* dan *silica fume* dengan kalsium hidroksida sebagai sisa hidrasi semen yang akan meningkatkan kekerasan beton, sedangkan dengan ukuran butirnya yang halus *fly ash* dan *silica fume* akan mengisi pori-pori sehingga akan menambah kepadatan beton.

Perbandingan air dan semen merupakan hal yang harus dicermati, mengingat air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya 1/3 berat semen. Penggunaan air yang berlebihan akan meninggalkan pori-pori pada beton kering yang berakibat kepadatan beton berkurang. Oleh sebab itu untuk mendapatkan beton mutu tinggi dituntut campuran beton dengan perbandingan air dan semen (w/c rasio) yang rendah. Sebaliknya, pemakaian w/c rasio rendah menyebabkan workabilitas rendah, untuk meningkatkan workabilitas diperlukan bahan-tambah *superplasticizer* dengan perbandingan tertentu. Bila digunakan bahan-tambah berupa pozzolan maka perbandingan air dan semen berubah menjadi perbandingan air dan semen+pozzolan atau rasio  $w/(c+p)$ .

Pada pembuatan beton mutu tinggi dengan bahan-tambah *fly ash* dan *silica fume*, biasanya kebutuhan air akan meningkat karena ukuran butir yang halus, sehingga penggunaan *superplasticizer* sangat berpengaruh terhadap pencapaian workabilitas. Akibat penggunaan *fly ash* dan *silica fume* dalam prosentase yang

berbeda pada campuran beton akan menuntut dosis *superplasticizer* yang berbeda pada tingkat kemudahan pengerjaan sama.

Berdasarkan kenyataan itu, timbul pertanyaan berapa besar pengaruh *fly ash* dan *silica fume* di tambah *superplasticizer* terhadap peningkatan kekuatan beton pada variasi prosentase tertentu dan berapa biaya yang diperlukan untuk membuatnya . Oleh karena itu diperlukan studi yang membandingkan penggunaan dua bahan yang berbeda yaitu *silica fume* dan *fly ash* ditambah super palsticizer pada pembuatan beton mutu tinggi.

## 1.2 Pokok Masalah

Bagaimana mendapatkan beton mutu tinggi menggunakan bahan-tambah *fly ash* dan *silica fume* ditambah *superplasticize* dengan biaya yang efisien.

## 1.3 Rumusan Masalah

Dalam membandingkan penggunaan bahan-tambah *silica fume* dan *fly ash* dibuat benda uji dengan variasi substitusi bahan tambah tersebut sebesar 0%,2,5%,5%7,5% dari berat semen. Kemudian dilakukan uji kuat desak pada umur 7,14,21,28 hari untuk mengetahui faktor konversi kekuatan desak dan untuk membandingkan biaya dilakukan perhitungan biaya produksi beton pada masing-masing variasi.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan :

1. nilai kuat desak beton mutu tinggi dengan bahan-tambah *fly ash* dan *silica fume* ditambah dengan *superplasticizer* pada umur beton 7,14,21, dan 28 hari.
2. harga yang diperlukan untuk membuat adukan beton mutu tinggi dengan bahan-tambah *fly ash* dan *silica fume* ditambah *superplasticizer*.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan menghasilkan rekomendasi-rekomendasi yang bermanfaat dalam pembuatan beton mutu tinggi sebagai berikut :

1. pemilihan komposisi bahan-tambah *fly ash* atau *silica fume* yang tepat sesuai kondisi lapangan.
2. patokan biaya produksi beton dengan bahan-tambah *silica fume* dan *fly ash* ditambah *superplasticizer*.

#### 1.6 Batasan Masalah

Penelitian ini akan dilaksanakan sesuai dengan tujuannya sehingga perlu diberikan batasan-batasan sebagai berikut ini :

1. Kuat desak yang direncanakan  $f'_c = 55$  MPa.
2. Nilai slump 200 - 225 mm.
3. *Fly ash* yang dipakai berasal dari PLTU Suralaya, Jawa Barat.
4. *Silica fume* yang dipakai merk SIKAFUME, produksi PT. Sika Nusa Pratama.

5. *Superplasticizer* yang dipakai SIKAMENT NN, produksi PT. Sika Nusa Pratama.
6. Agregat kasar (kerikil) yang digunakan adalah batu pecah dengan diameter maksimal 20 mm, diambil dari Clereng, Kulon Progo.
7. Agregat halus digunakan pasir Merapi.
8. Bahan ikat semen yang digunakan semen jenis I merk Gresik.
9. Air yang digunakan berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
10. Variasi substitusi campuran *silica fume* dan *fly ash* pada campuran beton sebesar 0%,2,5%,5% dan 7,5% berat semen.
11. Rawatan benda uji dilakukan dengan merendam benda uji dengan air.
12. Uji kuat desak beton dilakukan pada umur 7,14,21 dan 28 hari pada masing-masing variasi.
13. Uji kuat desak beton dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
14. Penentuan biaya produksi beton didasarkan biaya pembuatan beton di Yogyakarta pada bulan Mei 2000

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Dari sebuah penelitian, beton yang menggunakan *fly ash* dan *superplasticizer* dengan tegangan hancur di atas 50 Mpa, semen yang dipakai sejumlah 380 - 530 kg/m<sup>3</sup>, pemakaian *fly ash* sebanyak 56-77 kg/m<sup>3</sup> (persentase pemakaian *fly ash* sebesar 14,7%-14,5%), pemakaian air sebanyak 180-196 kg/m<sup>3</sup>, w/c berkisar antara 0,47-0,37 dan w/(c+p) antara 0,41-0,32. Pada beton yang menggunakan *silica fume* dan *superplasticizer* dengan tegangan hancur di atas 50 Mpa, pemakaian semen sejumlah 330-500 kg/m<sup>3</sup> dan *silica fume* 25-70 kg/m<sup>3</sup> (persentase pemakaian *silica fume* sebesar 7,8%-14%), pemakaian air 112-196 kg/m<sup>3</sup>, w/c sekitar 0,34-0,39, w/(c+p) sekitar 0,32-0,34 (Dicky Rezaldi Munaf dkk, 1996).

Penggunaan *fly ash* dan *silica fume* telah menghasilkan beton dengan kekedapan yang lebih tinggi dibandingkan beton mutu tinggi tanpa bahan tersebut. (Sapartono, 1995). Selain itu juga ditemukan bahwa penggunaan *fly ash* dan *silica fume* mengurangi kemungkinan korosi pada baja tulangan (Odd E. GjØrv, 1995 & Roy H. Keck dan Eugene H. Riggs, 1997). Ketahanan beton terhadap sulfat meningkat tajam pada penggunaan *fly ash* antara 22% sampai 32%, dan 5% sampai 15% dengan *silica fume*. (Mangat & Khatib, 1995). Kuat

desak beton pada umur 7 hari didapati lebih tinggi pada beton dengan campuran *silica fume* dibandingkan dengan beton tanpa *silica fume* (Khayat, Vachon, dan Lanctot, 1997).

Penelitian yang dilakukan oleh Sapartono, 1991, telah menghasilkan beton bermutu tinggi dengan kadar semen  $480 \text{ kg/m}^3$  dan  $w/c=0,32$  mencapai kuat tekan rata-rata sebesar 85 Mpa dengan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur 28 hari dengan bahan-tambah *superplasticizer*. Dari peneliti yang sama, penggunaan *superplasticizer* mampu meningkatkan slump pada kondisi  $w/c$  yang sangat rendah ( $w/c=0,28$  dan nilai slump awal = 1,5 cm), yaitu mencapai nilai slump 9,5 cm pada penambahan *superplasticizer* dengan dosis 1,25%, nilai slump 12,5 cm pada penambahan *superplasticizer* dengan dosis 1,5%, dan nilai slump 18,5 cm pada penambahan *superplasticizer* dengan dosis 2%.

Jaime Moreno, 1998, menyatakan bahwa biaya pembuatan beton meningkat sesuai dengan peningkatan kekuatan beton. Hal ini merupakan konsekwensi dibutuhkannya penambahan material untuk mencapai peningkatan kekuatan. Peningkatan mutu agregat dan tambahan kontrol kualitas pada pelaksanaan dan rawatan beton merupakan faktor yang ikut meningkatkan biaya. Peningkatan biaya beton mutu tinggi dan penghematan yang diperoleh telah diteliti dengan sebuah program komputer yang dikenal dengan COLO, menunjukkan pada sebuah gedung 23 lantai ukuran kolom minimal yang dibutuhkan adalah  $610 \times 610 \text{ mm}^2$  menggunakan beton dengan kekuatan 83 MPa. Sedangkan bila digunakan beton dengan kekuatan 41 MPa, ukuran minimal

kolom 864x864 mm<sup>2</sup>. Dari perhitungan biaya ( meliputi biaya beton, lantai kerja, dan tulangan), terjadi penghematan sebesar \$4.30 /m<sup>2</sup> bila digunakan beton dengan kekuatan 83 MPa.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Umum

Salah satu material bangunan yang banyak digunakan untuk struktur teknik sipil adalah beton. Beton didapat dari campuran semen portland, air, agregat pada perbandingan tertentu. Sifat-sifat beton tergantung pada sifat-sifat bahan penyusunnya, nilai perbandingan bahan-bahan penyusun, cara pengadukan, penuangan, pemadatan, dan rawatan selama proses pengerasannya. Sejalan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan masyarakat, diupayakan oleh para ahli untuk meningkatkan sifat-sifat beton antara lain *workability*, *placeability*, *strength*, *durability*, *permeability*, *corrosivity* dan lain-lain.

Pada tahun 70-an beton mutu tinggi mulai diproduksi sebagai bahan konstruksi dan digunakan di beberapa negara. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan beton mutu tinggi adalah dengan memperbaiki mutu material pembentuk beton yaitu agregat halus (bentuk, tekstur, modulus kehalusan, kebersihan, gradasi) dan agregat kasar (bentuk, ukuran maksimum, kebersihan, kuat hancur, gradasi) dan semen (kekuatan, kehalusan butir). Selain itu perlu diperhatikan perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton, sehingga diperlukan ketelitian untuk menentukan komposisi bahan penyusun beton. Hal itu karena beton mutu tinggi membutuhkan perbandingan air dan bahan ikat yang



kecil yaitu antara 3,0-0,4. Selain itu produksi beton mutu tinggi biasanya menggunakan bahan-tambah untuk mencapai kuat desak yang diinginkan yaitu *silica fume* dan *fly ash*. Sedangkan untuk mempertahankan kemudahan pengerjaan akibat kecilnya rasio air dan bahan ikat yang rendah digunakan *superplasticizer*.

### 3.2 Bahan Penyusun Beton

#### 3.2.1 Semen Portland

Semen Portland adalah bahan berupa bubuk halus yang mengandung kapur ( $\text{CaO}$ ), silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Komponen terbesar dari penyusun semen adalah kapur (60-65%). Semen portland dibuat dengan membakar bahan dasar semen dengan suhu  $1550^\circ\text{C}$  dan menjadi klinker. Kemudian klinker tersebut digiling halus menjadi semen dan ditambahkan gypsum. Semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat.

Susunan kimia semen meliputi :  $3\text{Ca}.\text{SiO}_2$  disingkat  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$  disingkat  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  disingkat  $\text{C}_3\text{A}$ , dan  $4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$  disingkat  $\text{C}_4\text{AF}$ . (Harold N. Atkins) Semen portland dibedakan menjadi 5 menurut jenisnya, yaitu :

1. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus,
2. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang,

3. Jenis III : Semen portland yang penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi,
4. Jenis IV : Semen portland dengan panas hidrasi rendah,
5. Jenis V : Semen portland dengan ketahanan sulfat sangat tinggi,

Semen Portland adalah semen hidrolik yang akan mengeras bila dicampur air yang disebut proses hidrasi. Pada saat semen portland dicampur dengan sejumlah air, partikel semen akan berubah menjadi pasta semen dalam bentuk cair untuk periode waktu tertentu disebut *dormant period*. Setelah 2 atau 3 jam, pada kondisi normal, pasta semen akan menjadi kaku, dan sedikit demi sedikit akan hilang sifat plastisnya sampai pasta semen bersifat getas. Proses ini disebut *setting*, setelah ini semen akan mengalami periode pengerasan atau *hardening*. Reaksi hidrasi ini melepaskan sejumlah panas yang disebut panas hidrasi. Hasil dari hidrasi ini adalah suatu struktur padat berpori yang disebut gel semen yang terdiri dari silikat hidrat (CSH) dan kalsium hidrat ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) (Sandor Popovics, 1998).

### 3.2.2 Agregat

Agregat ialah butiran partikel mineral yang digunakan bersama-sama semen untuk membentuk beton. Karena menempati sebanyak kurang lebih 70 % volume beton, maka pemilihan agregat sangat penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menurut ukurannya sebagai agregat halus dan agregat kasar berikut ini :

### 1. Agregat halus

Agregat yang berukuran lebih kecil dari 4,8 mm, sering disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu.

### 2. Agregat kasar

Agregat yang berukuran lebih dari 4,8 mm, sering disebut kerikil, batu pecah atau split (Kardiyono Cokrodimulyo, 1992).

Penggolongan agregat berdasarkan sumbernya dibedakan menjadi :

#### 1. Agregat alami :

Agregat alami diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan baik secara alami atau dengan mesin pemecah batu.

Agregat halus alami digolongkan menjadi 3 yaitu :

- a. Pasir galian, diperoleh dari permukaan tanah atau dengan cara menggali sampai kedalaman tertentu. Pasir ini bertekstur tajam, bersudut, berpori, bebas kandungan garam, tetapi biasanya kotor oleh tanah.
- b. Pasir sungai, diperoleh dari dasar sungai, berbentuk bulat, dan berbutir halus.
- c. Pasir laut, diperoleh dari pantai, biasanya butirannya halus dan bulat. Pasir ini banyak mengandung garam yang akan meyerap air.

Agregat kasar alami biasanya didapat dengan memecah batu menjadi ukuran yang dikehendaki.

#### 2. Agregat buatan

Agregat buatan biasanya dibuat dari pecahan bata/genteng atau terak tanur tinggi (*blast furnace slag*).

### 3.2.3 Air

Air merupakan bahan yang penting dalam pembuatan beton karena air diperlukan untuk berreaksi dengan semen. Selain itu air berguna untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan. Air yang digunakan untuk berreaksi dengan semen sekitar 33 % berat semen. Kelebihan air pada campuran beton akan menurunkan kekuatan beton karena meninggalkan pori-pori yang mengurangi kepadatan beton.

### 3.2.4 Bahan Tambah

Bahan-tambah atau *admixture* didefinisikan sebagai bahan selain air, agregat, semen, baja tulangan yang ditambahkan pada campuran beton. *Admixture* ini dipergunakan untuk memperbaiki sifat-sifat beton segar ( meningkatkan kemudahan pengerjaan, menambah atau mengurangi kecepatan pengerasan, mengurangi segregasi, memudahkan pompompaan dan lain-lain ) dan beton yang sudah mengeras (meningkatkan kekuatan pada umur yang muda, mengurangi permeabilitas, meningkatkan lekatan baja tulangan dengan beton, meningkatkan lekatan beton lama dan beton baru, menghambat korosi tulangan, membuat beton berwarna dan lain-lain)(*Chemical Admixture for Concrete*, ACI 212.3R-21).

#### 1. *Fly ash* (abu terbang)

Dihasilkan dari sisa pembakaran yang mempergunakan batu bara sebagai sumber energi misalnya pada instalasi pembangkit tenaga listrik (Harold N. Atkins ,1997). Sisa pembakaran ini berupa partikel halus yang keluar bersama-sama gas

buang. *Fly ash* bersifat pozzolan sehingga bisa dipakai sebagai aditif mineral pada beton.

Persyaratan kimia *fly ash* dijelaskan dalam SK SNI S-15-1990-F

Tabel 3.1  
Persyaratan kimia *fly ash*

No	Senyawa	Kadar, %
1	Jumlah oksida $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , minimum	70
2	$\text{SO}_3$ , maksimum	5
3	Hilang pijar, maksimum	6
4	Kadar air, maksimum	3
5	Total alkali dihitung sebagai $\text{Na}_2\text{O}$ , maksimum	1,5

Sumber : SK SNI S-15-1990-F

## 2. *Silica fume*

*Silica fume* adalah produk sampingan dari dapur pembuatan metal silikon atau paduan besi silikon dalam tungku pembakaran listrik. *Silica fume* mempunyai sifat-sifat umum yaitu :

- kandungan  $\text{SiO}_2$  minimal 85%,
- ukuran butirnya antara 0,1 sampai 0,2 micron,
- luas permukaan  $15.000\text{m}^2/\text{kg}$ ,

*Silica fume* normalnya berwarna abu-abu

(ACI 234R-96, 1996 & Report of a Concrete Society Working Party, 1993)

## 3. *Superplasticizer*

*Superplasticizer* atau *high range water reducer (HRWR)* merupakan bahan tambah yang berfungsi meningkatkan slump tanpa ada penambahan kandungan air (ACI 212.3R-91, 1991)

### 3.3 Ratio air semen dan pozzolan atau $w/(c+p)$

Rasio air semen dan pozzolan atau  $w/(c+p)$  adalah perbandingan berat air dan berat semen+pozzolan yang digunakan dalam campuran. Aturan yang umum tentang hubungan antar  $w/(c+p)$  dengan kekuatan beton adalah :

1. kekuatan beton yang rendah dihasilkan dengan  $w/(c+p)$  tinggi,
2. kekuatan beton yang lebih tinggi dihasilkan oleh  $w/(c+p)$  yang rendah,
3. pada  $w/(c+p)$  yang sama akan dihasilkan kekuatan beton yang sama.

Perubahan kekuatan beton bisa terjadi sangat drastis disebabkan oleh perubahan  $w/(c+p)$  terutama pada beton mutu tinggi. Beton dengan  $w/(c+p)$  rendah tidak hanya menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi tetapi juga meningkatkan laju pengerasan awal dan pengurangan kecepatan pengerasan akhir dibanding beton dengan  $w/(c+p)$  tinggi. Hal itu berarti dengan  $w/(c+p)$  rendah beton mempunyai kekuatan awal yang tinggi tetapi laju pengerasannya lebih kecil. Porositas yang besar akan dihasilkan oleh beton dengan  $w/(c+p)$  tinggi berakibat pada lebih rendahnya kekuatan beton terutama pada awal pengerasan, tetapi peningkatan kekuatan akan terjadi lebih intensif pada umur yang lebih lama dibanding beton dengan  $w/(c+p)$  tinggi. Rasio air semen dan pozzolan  $w/(c+p)$  yang dimaksudkan disini adalah  $w/(c+p)$  efektif yaitu rasio antara air bebas dengan jumlah semen. Air bebas adalah air yang berada pada campuran tidak termasuk air menguap atau air yang hilang karena sebab lain seperti penyerapan air oleh agregat, bleeding dan lain-lain.

### 3.4 Slump

Pengujian slump dirancang di Amerika dan dipakai secara luas sebagai alat pemeriksa konsistensi beton di lapangan. Pengujian slump menggunakan alat berupa corong dengan tinggi 300 mm, diameter dasar 200 mm dan diameter atas 100 mm. Benda uji dimasukkan dan dipadatkan ke dalam corong secara bertahap, kemudian dicatat penurunannya setelah corong diangkat. Dari pengujian slump ini diperoleh gambaran tentang kemudahan pengerjaan suatu campuran beton yang akan dibuat. Semakin tinggi nilai slump semakin tinggi workabilitynya.

### 3.5 Workabilitas

Workabilitas terdiri dari tiga hal terpisah (Murdock & Brook, 1979) :

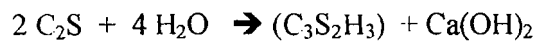
1. kompaktibilitas, atau kemudahan di mana beton dapat dipadatkan,
2. mobilitas, atau kemudahan beton dapat mengalir ke dalam cetakan,
3. stabilitas, atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi segregasi/pemisahan butiran dari bahan lainnya,

### 3.6 Reaksi Pozzolan

Reaksi pozzolan adalah reaksi yang terjadi antara bahan pozzolan dengan sisa hidrasi semen berupa  $\text{Ca(OH)}_2$  atau kalsium hidroksida membentuk gel baru semacam semen yang akan mempertinggi kekuatan beton.

Reaksi hidrasi semen (Kardiyono,1995)





keterangan

$\text{C}_3\text{S}$  = trikalsium silikat atau  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

$\text{C}_2\text{S}$  = dikalsium silikat atau  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

$\text{Ca}(\text{OH})_2$  = kalsium hidroksida

Kemudian sisa reaksi hidrasi semen yang berupa kalsium hidroksida akan berreaksi dengan *fly ash* atau *silica fume* membentuk senyawa C-S-H baru dengan perbandingan Ca/Si yang lebih rendah (Microsilica in Concrete, Technical Report No.41, report of Concrete Society Working Party)

### 3.7 Peningkatan Umur Beton

Beton mengalami peningkatan kekuatan seiring dengan waktu. Pada proses pembuatan beton telah dikenal reaksi hidrasi antara semen air. Reaksi ini membutuhkan waktu sampai tercapai kekuatan tertinggi yang bisa dicapai. Reaksi hidrasi akan terhenti bila tidak ada lagi tersedia semen dan atau air yang memungkinkan terjadinya reaksi.

Perhitungan struktur mensyaratkan kekuatan beton berdasarkan pada kekuatan yang dicapai beton pada umur 28 hari. Karena kekuatan beton meningkat seiring dengan waktu maka dapat diperhitungkan kekuatan beton pada umur 28 hari berdasarkan kekuatan beton pada umur yang lebih awal.

### 3.8 Metode Perencanaan Adukan Beton

Dalam penelitian ini perancangan adukan beton menggunakan metode yang direkomendasikan ACI (American Concrete Institute) dalam Standard ACI



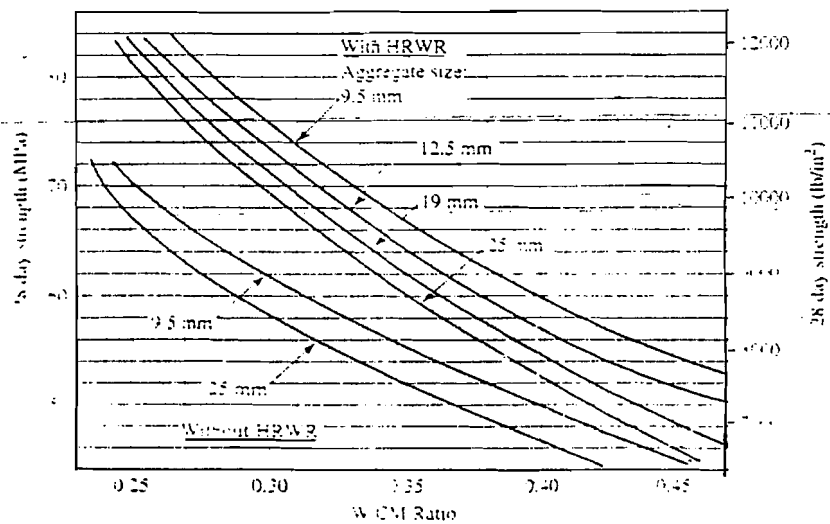
211-4R-93 (Harold N. Atkins, 1997). Tata cara urutan perencanaan adukan beton adalah sebagai berikut :

1. menentukan slump dan  $f_c$ ,
2. menentukan ukuran maksimum agregat (Tabel 3.2),
3. menentukan kandungan agregat kasar/kerikil (Tabel 3.2),
4. menentukan kandungan air dan udara (Gambar 3.1),
5. memilih rasio semen dan air (w/c) (Gambar 3.1),
6. menghitung kandungan semen (= c/w x berat air),
7. mengatur proporsi campuran-dasar dan campuran dengan *fly ash* dan *silica fume*,
8. mengatur proporsi campuran untuk mencapai slump yang disyaratkan dengan mengubah dosis *superplasticizer*
9. menentukan campuran final

Tabel 3.2  
Perkiraan proporsi campuran untuk beton mutu tinggi

	Bahan	Ukuran max Agregat			
		9,5	12,5	19	25
a	Agregat kasar ( $m^3/m^3$ )	0,65	0,68	0,72	0,75
b	Air campuran ( $kg/m^3$ )				
	Slump 25-50 mm	184	175	169	166
	Slump 50-75 mm	190	184	175	172
	Slump 75-100 mm	196	190	181	178
c	Udara terperangkap (%)				
	Dengan HRWR	3,0	2,5	2,0	1,5
	Tanpa HRWR	2,5	2,0	1,5	1,0

Sumber : Harold N Atkins



Gambar 3.1  
Grafik perkiraan rasio w/c maksimum.

### 3.9 Metode Rawatan

Rawatan beton bertujuan untuk menjaga kelembaban beton sehingga proses hidrasi semen dapat berlangsung. Rawatan beton dilakukan dengan merendam sampel dengan air pada kolam perendaman.

### 3.10 Metode Pengujian Kuat Desak

Pengujian desak beton dilakukan dengan memberikan beban aksial yang berangsur-angsur meningkat pada permukaan benda uji sampai terjadi kehancuran. Tegangan desak yang didapat adalah beban desak ultimit tiap luas permukaan beban, biasanya dengan satuan psi, Pa, atau kg/cm<sup>2</sup>.

**BAB IV**  
**PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN**

**4.1 Pelaksanaan Penelitian**

**4.1.1 Pemeriksaan Bahan**

**1. Agregat Halus**

Pemeriksaan terhadap agregat halus meliputi :

**a. Modulus Halus Butir (MHB),**

Alat yang digunakan :

- 1) Timbangan, merk Ohaus kapasitas 20 kg.
- 2) Mesin penggetar/mesin ayak.
- 3) Saringan 1(satu) set (40,20,10,4.8,2.40,1.20,0.6,0.3,0.15,pan) mm.
- 4) Sikat baja (kasar/halus)
- 5) Kuas, lap kaos.
- 6) Piring, serok.

Cara pemeriksaan

- 1) menimbang pasir yang sudah dicuci dan dikeringkan dengan oven selama 24 jam sebanyak kira-kira 2000 gram,
- 2) memasukkan ke dalam 1 set saringan dan pasang pada alat penggetar selama 15 menit,

- 3) setelah 15 menit timbang berat pasir tertinggal pada tiap saringan. mengeluarkan pasir yang menempel pada saringan dengan sikat baja,
- 4) menghitung berapa persen berat pasir tertinggal tiap saringan dan hitung pula kumulatif persen berat pasir tertinggal lalu menjumlahkannya,
- 5) melakukan prosedur yang sama kemudian cari rata-ratanya dan dibagi 100,

b. Berat Jenis

Alat yang digunakan :

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

Cara pemeriksaan :

- 1) menimbang pasir yang telah dicuci dan dikeringkan dengan oven sebanyak 500 gram(W),
- 2) menakar air dengan gelas ukur sebanyak 500 cc (V1),
- 3) memasukkan pasir yang telah ditimbang kedalam gelas ukur berisi air 500 (V2),
- 4) mencatat kenaikan ketinggian air pada gelas ukur,
- 5) menghitung berat jenis. Berat Jenis =  $W/(V_2-V_1)$

c. Kadar Lumpur

Alat yang digunakan :

- 1) Timbangan
- 2) Piring, serok

Cara pemeriksaan

- 1) menimbang berat piring kosong( $W_1$ ),
- 2) menimbang pasir yang telah dikeringkan dengan oven sebanyak 500 gram( $W_2$ ),
- 3) mencuci pasir tersebut hingga bersih, kemudian mengeringkannya dengan oven,
- 4) menimbang berat pasir setelah dikeluarkan dari oven( $W_3$ ),
- 5) menghitung kadar lumpur.

$$\text{Kadar lumpur} = [(W_2 - W_1) - (W_3 - W_1)] / (W_2 - W_1)$$

## 2. Agregat Kasar

Pemeriksaan Agregat kasar meliputi :

### a. Berat Jenis

Alat yang digunakan :

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

Cara pemeriksaan :

- 1) menimbang agregat kasar kering sebanyak 2 X 500 gram( $W$ ),
- 2) menakar air dalam gelas ukur sebanyak 500 cc( $V_1$ ),
- 3) memasukkan agregat ke dalam gelas ukur dan amati volume air + agregat( $V_2$ ),
- 4) menghitung berat jenis :  $\text{Berat Jenis} = W / (V_2 - V_1)$

b. Berat Volume

Alat yang digunakan

- 1) Timbangan kapasitas minimal 20 Kg.
- 2) Cetakan silinder ( $\varnothing$  15X 30)cm.
- 3) Tongkat penumbuk  $\varnothing$  16mm panjang 60 cm.
- 4) Serok/cetok.

Cara pemeriksaan

- 1) menimbang berat cetakan silinder( $W_1$ ),
- 2) memasukkan agregat ke dalam cetakan silinder dan dipadatkan dengan tongkat penumbuk,
- 3) menimbang cetakan berisi agregat yang sudah dipadatkan ( $W_2$ ),
- 4) menghitung volume cetakan( $V$ ),
- 5) menghitung berat agregat( $W_2-W_1$ ),
- 6) menghitung berat volume agregat : Berat volum =  $(W_2-W_1)/V$

c. Kadar air dan Serapan atau *Absorpsi*

Alat yang digunakan :

- 1) Oven
- 2) Timbangan
- 3) Piring, sendok pasir.
- 4) Air

Cara pengujian :

- 1) menimbang piring kosong( $W_1$ ),
- 2) menimbang sejumlah kerikil pada piring( $W_2$ ),

- 3) mengeringkan kerikil tersebut selama 24 jam menggunakan oven,
- 4) menimbang pasir pada kondisi kering ( $W_3$ ),
- 5) merendam kerikil dalam air selama 24 jam agar seluruh pori kerikil menyerap air dan atur sampai kondisi jenuh kering muka/SSD (Saturated Surface Dry),
- 6) menimbang kerikil pada kondisi SSD ( $W_4$ ),
- 7) menghitung kadar air :

$$\text{Kadar air} = [(W_1 - W_2) - (W_3 - W_2)] / (W_3 - W_2)$$

- 8) menghitung serapan :

$$\text{Serapan} = [(W_4 - W_2) / (W_3 - W_2)] / (W_3 - W_2) - [\text{Kadar air}]$$

#### 4.1.2 Perancangan Campuran Beton

Benda uji menggunakan silinder berukuran tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Jumlah benda uji 140 buah dengan rincian 7 variasi kandungan *fly ash* dan *silica fume* masing-masing 2,5%, 5%, 7,5% dan kandungan *fly ash* atau *silica fume* 0%. Metode perancangan campuran beton menggunakan metode yang direkomendasikan ACI dalam Standard ACI 211.4R-93 (Harold N. Atkins, 1997)

Campuran beton dibuat dari bahan sebagai berikut :

Pasir : dari gunung Merapi

MHB = 2,9955

berat jenis = 2,465

Batu pecah: asal Clereng, Kulon Progo

ukuran maksimum 20 mm

	berat jenis = 2,63
	berat satuan = 1521 kg/m <sup>3</sup>
Semen	Jenis I merk Gresik
	berat jenis = 3,15
<i>Fly ash</i>	PLTU Suralaya, Jawa Barat
	berat jenis = 2,33
<i>Silica fume</i>	Sika Fume, produksi PT. Sika Nusa Pratama
	berat jenis = 2,2
<i>Superplasticizer</i>	Sikament NN, produksi PT. Sika Nusa Pratama

Perencanaan Campuran (untuk 1 m<sup>3</sup> beton):

1. memilih slump dan kuat tekan beton

menggunakan bahan pengurang kadar air atau superplasticizer, maka dipilih slump 25-50 mm.

Tidak tersedia data campuran beton mutu tinggi maka untuk menentukan kuat tekan beton dipakai rumus :

$$f_{cr} = f_c + 10 = 55 + 10 = 65 \text{ Mpa,}$$

2. menentukan ukuran agregat maksimum

ditentukan ukuran agregat maksimum 20 mm (tabel 3.2),

3. menentukan kandungan agregat kasar (kerikil) optimum.

dari tabel 3.2 rasio fraksi (rasio volume kerikil terhadap beton) = 0,72

$$W_k = 0,72 \times 1521 = 1095,12 \text{ kg/m}^3,$$

4. menghitung air campuran dan kandungan udara :



dari tabel 3.2 perkiraan air campuran adalah  $169 \text{ kg/m}^3$  dengan kandungan udara 2 %,

5. menentukan  $w/(c+p)$

dari gambar 3.1 untuk ukuran agregat maks 20 mm maka nilai  $w/(c+p) = 0,33286$ ,

6. menghitung material c+p

$$w/(c+p) = 0,33286$$

$$w = 169 \text{ kg/m}^3 \rightarrow c+p = 169/0,33286 = 507,721 \text{ kg}$$

7. Proporsi campuran dasar tanpa *fly ash* dan *silica fume*

$$\text{semen} \rightarrow 507,721/(3,15 \times 1000) = 0,1612 \text{ m}^3$$

$$\text{batu kerikil} \rightarrow 1095,12/(2,63 \times 1000) = 0,4164 \text{ m}^3$$

$$\text{air} \rightarrow 169/1000 = 0,168 \text{ m}^3$$

$$\text{udara} = 0,02 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total bahan (tanpa pasir)} = 0,7656 \text{ m}^3$$

Jadi volume pasir per  $\text{m}^3$  beton

$$V_{\text{pasir}} = 1 - 0,7656 = 0,2344 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{pasir}} = 0,2344 \times 2,465 \times 1000 = 577,796 \text{ kg.}$$

Proporsi campuran dalam berat :

- semen  $\rightarrow 507,721 \text{ kg.}$
  - kerikil  $\rightarrow 1095,12 \text{ kg.}$
  - pasir  $\rightarrow 577,796 \text{ kg.}$
  - air  $\rightarrow 169 \text{ kg.}$
- berat total  $2349,637 \text{ kg}$

6) Proporsi *fly ash* dan *silica fume*

Tabel 4.1  
Perbandingan berat c+p dan *fly ash*

% <i>Fly ash</i>	Berat gabungan (C+P) kg	Berat semen	Berat <i>fly ash</i>
1. 2,5 %	507,721	495,0282	12,6928
2. 5 %	507,721	482,3349	25,3861
3. 7,5 %	507,721	469,6419	38,0791

Tabel 4.2  
Perbandingan berat c+p dan *Silica fume*

% <i>Silica fume</i>	Berat gabungan (C+P) kg	Berat semen	Berat <i>silica fume</i>
1. 2,5 %	507,721	495,0282	12,6928
2. 5 %	507,721	482,3349	25,3861
3. 7,5 %	507,721	469,6419	38,0791

1. Proporsi dengan campuran *fly ash* 2,5 %

- semen →  $495,0282 / (3,15 \times 1000) = 0,1572 \text{ m}^3$
- batu kerikil →  $1095,12 / (2,63 \times 1000) = 0,4164 \text{ m}^3$
- air →  $169 / 1000 = 0,169 \text{ m}^3$
- *fly ash* →  $12,6928 / (2,33 \times 1000) = 0,0054 \text{ m}^3$
- udara = 0,02  $\text{m}^3$

Volume total tanpa pasir =  $0,768 \text{ m}^3$

V pasir =  $1 - 0,768 = 0,232 \text{ m}^3$

berat pasir =  $0,232 \times 2,465 \times 1000 = 571,88 \text{ kg}$

proporsi campuran dalam berat :

- semen → 495,0282 kg.
- kerikil → 1095,12 kg.
- pasir → 571,88 kg
- air → 169 kg.

- *fly ash* → 12,6928 kg

Jumlah 2343,721 kg

### 2. Proporsi dengan campuran *fly ash* 5 %

- semen →  $482,3349 / (3,15 \times 1000) = 0,1531 \text{ m}^3$

- batu kerikil →  $1095,12 / (2,63 \times 1000) = 0,4164 \text{ m}^3$

- air →  $169 / 1000 = 0,169 \text{ m}^3$

- *fly ash* →  $25,3861 / (2,33 \times 1000) = 0,0109 \text{ m}^3$

- udara = 0,02 m<sup>3</sup>

Volume total tanpa pasir = 0,7694 m<sup>3</sup>

V pasir = 1 - 0,7694 = 0,2306 m<sup>3</sup>

berat pasir = 0,2306 X 2,465 X 1000 = 568,429 kg

proporsi campuran dalam berat :

- semen → 482,3349 kg.

- kerikil → 1095,12 kg.

- pasir → 568,429 kg

- air → 169 kg.

- *fly ash* → 25,3861 kg

Jumlah 2340,27 kg

### 3. Proporsi dengan campuran *fly ash* 7,5 %

- semen →  $469,6419 / (3,15 \times 1000) = 0,1491 \text{ m}^3$

- batu kerikil →  $1095,12 / (2,63 \times 1000) = 0,4164 \text{ m}^3$

- air →  $169 / 1000 = 0,169 \text{ m}^3$

- *fly ash* →  $38,0791 / (2,33 \times 1000) = 0,0163 \text{ m}^3$

- udara = 0,02 m<sup>3</sup>

Volume total tanpa pasir = 0,7708 m<sup>3</sup>

V pasir = 1 - 0,7708 = 0,2292 m<sup>3</sup>

berat pasir = 0,2292 X 2,465 X1000 = 564,978 kg

proporsi campuran dalam berat :

- semen → 469,6419 kg.

- kerikil → 1095,12 kg.

- pasir → 564,978 kg

- air → 169 kg.

- *fly ash* → 38,0791 kg

Jumlah 2336,819 kg

4. Proporsi dengan campuran *silica fume* 2,5 %

- semen →  $495,0282 / (3,15 \times 1000) = 0,1572 \text{ m}^3$

- batu kerikil →  $1095,12 / (2,63 \times 1000) = 0,4164 \text{ m}^3$

- air →  $169 / 1000 = 0,169 \text{ m}^3$

- *silica fume* →  $12,6928 / (2,2 \times 1000) = 0,0058 \text{ m}^3$

- udara = 0,02 m<sup>3</sup>

Volume total tanpa pasir = 0,7684 m<sup>3</sup>

V pasir = 1 - 0,7684 = 0,2316 m<sup>3</sup>

berat pasir = 0,2316 X 2,465 X1000 = 570,894 kg

proporsi campuran dalam berat :

- semen → 495,0282 kg.

- kerikil → 1095,12 kg.

- pasir → 570,894 kg
  - air → 169 kg.
  - *silica fume* → 12,6928 kg
- Jumlah 2342,435 kg

### 2. Proporsi dengan campuran *silica fume* 5 %

- semen →  $482,3349 / (3,15 \times 1000) = 0,1531 \text{ m}^3$
  - batu kerikil →  $1095,12 / (2,63 \times 1000) = 0,4164 \text{ m}^3$
  - air →  $169 / 1000 = 0,169 \text{ m}^3$
  - *silica fume* →  $25,3861 / (2,2 \times 1000) = 0,0115 \text{ m}^3$
  - udara =  $0,02 \text{ m}^3$
- Volume total tanpa pasir =  $0,77 \text{ m}^3$

$$V \text{ pasir} = 1 - 0,77 = 0,23 \text{ m}^3$$

$$\text{berat pasir} = 0,23 \times 2,465 \times 1000 = 566,95 \text{ kg}$$

proporsi campuran dalam berat :

- semen → 482,3349 kg.
  - kerikil → 1095,12 kg.
  - pasir → 566,95 kg
  - air → 169 kg.
  - *silica fume* → 25,3861 kg
- Jumlah 2338,791 kg

### 3. Proporsi dengan campuran *silica fume* 7,5 %

- semen →  $469,6419 / (3,15 \times 1000) = 0,1491 \text{ m}^3$
- batu kerikil →  $1095,12 / (2,63 \times 1000) = 0,4164 \text{ m}^3$

- air →  $169/1000 = 0,169 \text{ m}^3$
  - *silica fume* →  $38,0791/(2,2 \times 1000) = 0,0173 \text{ m}^3$
  - udara = 0,02  $\text{m}^3$
- Volume total tanpa pasir =  $0,7718 \text{ m}^3$

$$V \text{ pasir} = 1 - 0,7718 = 0,2282 \text{ m}^3$$

$$\text{berat pasir} = 0,2282 \times 2,465 \times 1000 = 562,513 \text{ kg}$$

proporsi campuran dalam berat :

- semen → 469,6419 kg.
- kerikil → 1095,12 kg.
- pasir → 562,513 kg
- air → 169 kg.
- *silica fume* → 38,0791 kg

Jumlah 2334,354 kg

berikut ini tabel yang menunjukkan hasil perhitungan campuran dengan *silica fume* dan *fly ash* serta campuran dasar :

Tabel 4.3  
Proporsi campuran dengan bahan tambah *fly ash*

Bahan	Camp dasar (kg/m <sup>3</sup> )	Campuran dengan <i>fly ash</i> (kg/m <sup>3</sup> )		
		2,5%	5%	7,5%
Semen	507,721	495,0282	482,3349	469,6419
<i>Fly ash</i>	----	12,6928	25,3861	38,0791
Pasir	577,796	571,88	568,429	564,978
Kerikil	1095,12	1095,12	1095,12	1095,12
Air	169	169	169	169

Tabel 4.4  
Proporsi campuran dengan bahan tambah *Silica fume*

Bahan	Camp dasar (kg/m <sup>3</sup> )	Campuran dengan <i>silica fume</i> (kg/m <sup>3</sup> )		
		2,5%	5%	7,5%
Semen	507,721	495,0282	482,3349	469,6419
<i>Silica fume</i>	----	12,6928	25,3861	38,0791
Pasir	577,796	570,894	566,95	562,513
Kerikil	1095,12	1095,12	1095,12	1095,12
Air	169	169	169	169

Proporsi benda uji dapat dicari dengan mengalikannya terhadap volume 20

benda uji :

Tabel 4.5  
Proporsi campuran dengan bahan tambah *fly ash*

Bahan	Camp dasar (kg/m <sup>3</sup> )	Campuran dengan <i>fly ash</i> (kg/m <sup>3</sup> )		
		2,5%	5%	7,5%
Semen	53,8830	52,4872	51,1414	49,7955
<i>Fly ash</i>	----	1,3458	2,6917	4,0375
Pasir	61,2630	60,6357	60,2698	59,9039
Kerikil	116,1142	116,1142	116,1142	116,1142
Air	17,9189	17,9189	17,9189	17,9189

Tabel 4.6  
Proporsi campuran dengan bahan tambah *Silica fume*

Bahan	Camp dasar (kg/m <sup>3</sup> )	Campuran dengan <i>silica fume</i> (kg/m <sup>3</sup> )		
		2,5%	5%	7,5%
Semen	53,8830	52,4872	51,1414	49,7955
<i>Silica fume</i> <sup>1</sup>	----	1,3458	2,6917	4,0375
Pasir	61,2630	60,5312	60,113	59,6426
Kerikil	116,1142	116,1142	116,1142	116,1142
Air	17,9189	17,9189	17,9189	17,9189

#### 4.1.3 Komposisi Benda Uji

Pada penelitian ini benda uji terdiri dari 7 variasi yaitu campuran dasar, campuran dengan 2,5%,5%,7,5% kandungan *silica fume* dan 2,5%,5%,7,5% kandungan *fly ash*. Setiap variasi terdiri dari 20 benda uji yang masing-masing akan diuji kuat desaknya pada umur 7,14,21 dan 28 hari. Pada setiap pengujian berdasarkan umur yang ditentukan diuji 5 benda uji pada semua variasi.

Komposisi benda uji ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4.7  
Komposisi benda uji

Jenis campuran	Diuji umur			
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
Campuran dasar	7-CD1	14-CD1	21-CD1	28-CD1
	7-CD2	14-CD2	21-CD2	28-CD2
	7-CD3	14-CD3	21-CD3	28-CD3
	7-CD4	14-CD4	21-CD4	28-CD4
	7-CD5	14-CD5	21-CD5	28-CD5
2,5% <i>silica fume</i>	7-2,5SF1	14-2,5SF1	21-2,5SF1	28-2,5SF1
	7-2,5SF2	14-2,5SF2	21-2,5SF2	28-2,5SF2
	7-2,5SF3	14-2,5SF3	21-2,5SF3	28-2,5SF3
	7-2,5SF4	14-2,5SF4	21-2,5SF4	28-2,5SF4
	7-2,5SF5	14-2,5SF5	21-2,5SF5	28-2,5SF5
5% <i>silica fume</i>	7-5SF1	14-5SF1	21-5SF1	28-5SF1
	7-5SF2	14-5SF2	21-5SF2	28-5SF2
	7-5SF3	14-5SF3	21-5SF3	28-5SF3
	7-5SF4	14-5SF4	21-5SF4	28-5SF4
	7-5SF5	14-5SF5	21-5SF5	28-5SF5
7,5% <i>silica fume</i>	7-7,5SF1	14-7,5SF1	21-7,5SF1	28-7,5SF1
	7-7,5SF2	14-7,5SF2	21-7,5SF2	28-7,5SF2
	7-7,5SF3	14-7,5SF3	21-7,5SF3	28-7,5SF3
	7-7,5SF4	14-7,5SF4	21-7,5SF4	28-7,5SF4
	7-7,5SF5	14-7,5SF5	21-7,5SF5	28-7,5SF5
2,5% <i>fly ash</i>	7-2,5FA1	14-2,5FA1	21-2,5FA1	28-2,5FA1
	7-2,5FA2	14-2,5FA2	21-2,5FA2	28-2,5FA2
	7-2,5FA3	14-2,5FA3	21-2,5FA3	28-2,5FA3
	7-2,5FA4	14-2,5FA4	21-2,5FA4	28-2,5FA4
	7-2,5FA5	14-2,5FA5	21-2,5FA5	28-2,5FA5
5% <i>fly ash</i>	7-5FA1	14-5FA1	21-5FA1	28-5FA1
	7-5FA2	14-5FA2	21-5FA2	28-5FA2
	7-5FA3	14-5FA3	21-5FA3	28-5FA3
	7-5FA4	14-5FA4	21-5FA4	28-5FA4
	7-5FA5	14-5FA5	21-5FA5	28-5FA5
7,5% <i>fly ash</i>	7-7,5FA1	14-7,5FA1	21-7,5FA1	28-7,5FA1
	7-7,5FA2	14-7,5FA2	21-7,5FA2	28-7,5FA2
	7-7,5FA3	14-7,5FA3	21-7,5FA3	28-7,5FA3
	7-7,5FA4	14-7,5FA4	21-7,5FA4	28-7,5FA4
	7-7,5FA5	14-7,5FA5	21-7,5FA5	28-7,5FA5



#### 4.1.4 Percobaan Slump

Percobaan slump dilakukan untuk menentukan berapa jumlah *superplasticizer* yang nanti akan dipakai pada pembuatan benda uji.

1. Alat yang digunakan :
  - a. Kerucut Abrams berukuran tinggi 300 mm, diameter atas 100 mm dan diameter bawah 200 mm.
  - b. Penumbuk dengan diameter 16 mm
  - c. Mistar
  - d. Timbangan
  - e. Tempat mengaduk beton
  - f. Cetok, sekop, dan lain-lain.
2. Cara percobaan
  - a. menimbang bahan-bahan penyusun beton meliputi : semen, pasir, kerikil, air, *silica fume*, *fly ash* sesuai proporsinya untuk membuat variasi campuran yang diteliti. Dalam percobaan ini tiap variasi dibuat sebanyak kurang lebih setara dengan volume 2 silider,
  - b. membuat adukan beton tiap variasi tanpa menggunakan *superplasticizer*,
  - c. mengukur berapa tinggi slump yang terjadi sebelum ditambahkan *superplasticizer*,
  - d. menambah sedikit demi sedikit *superplasticizer* sambil terus diukur slump yang terjadi sampai ditemukan seberapa banyak *superplasticizer* pada tinggi slump yang diinginkan.

#### 4.1.5 Pembuatan adukan beton

Adukan beton dibuat sesuai dengan rancangan adukan beton yang telah dibuat dengan dosis *superplasticizer* yang didapat dari percobaan slump sebelumnya.

1. Alat yang digunakan
  - a. Timbangan
  - b. Alat pencampur.
  - c. Sekop, cetok, ember.
  - d. Kerucut Abrams, penumbuk, mistar.
2. Cara pembuatan adukan beton :
  - a. menimbang semua bahan yang dibutuhkan,
  - b. mempersiapkan alat pengaduk (molen),
  - c. mengaduk campuran selama menit sampai berwarna homogen,
  - d. melakukan pengujian slump untuk mengetahui apakah nilai slump telah sesuai dengan yang direncanakan.

#### 4.1.6 Pencetakan beton

Pencetakan beton dilakukan setelah adukan telah tercampur rata sesuai kondisi yang diinginkan.

1. Alat yang digunakan :
  - a. Cetakan silinder ukuran diameter 150 mm, tinggi 300 mm.
  - b. Sekop, cetok.
  - c. Penumbuk.

## 2. Cara pencetakan beton :

- a. membersihkan kotoran dan permukaan cetakan diolesi oli agar beton yang dicetak mudah dilepas bila sudah keras,
- b. menuangkan adukan beton ke dalam cetakan sebanyak kira-kira sepertiga tinggi cetakan dan ditumbuk dengan tongkat penumbuk dengan merata sebanyak 25 kali. menuangkan adukan sepertiga lagi dan tumbuk dengan tongkat penumbuk dengan tidak merusak lapisan sebelumnya, lakukan sampai cetakan penuh dan ratakan permukaan beton segar dengan cetok,
- c. meletakkan cetakan berisi beton segar tersebut pada tempat yang rata untuk menghindari miringnya permukaan beton,
- d. setelah kira-kira satu jam beton segar berada dalam cetakan, ratakan permukaan beton dengan cetok atau kap agar dihasilkan permukaan beton yang halus dan rata,
- e. membuka dan beton dikeluarkan setelah 24 jam cetakan dapat.

### 4.1.7 Rawatan beton

Rawatan beton dilakukan segera setelah beton dibuka dari cetakan sampai 2 hari sebelum beton diuji. Rawatan dilakukan dengan merendam beton di dalam air. Bila keadaan tidak memungkinkan seluruh permukaan beton terendam air, sebagai alternatif dapat digunakan karung basah dan ditutupkan pada beton.

#### 4.1.8 Pengujian kuat desak beton.

Pengujian kuat desak beton dilakukan pada umur beton yang telah ditentukan. Dalam percobaan ini beton diuji pada umur 7, 14, 21, 28 hari untuk tiap variasi adukan masing-masing 5 silinder beton.

1. Alat yang digunakan :
  - a. Timbangan merk Ohaus kapasitas 20 Kg.
  - b. Kaliper.
  - c. Kikir atau gerinda (bila perlu)
  - d. Alat desak beton merk Control, kapasitas .
  - e. Strimin pelindung.
2. Cara pengujian :
  - a. mengeluarkan silinder beton 2 hari sebelum pengujian dari perendaman untuk dikeringkan,
  - b. meratakan permukaan silinder dengan gerinda atau kikir bila didapati permukaan silinder miring atau terdapat tonjolan-tonjolan,
  - c. mengukur tinggi dan diameter silinder beton menggunakan kaliper,
  - d. menimbang silinder beton dengan timbangan,
  - e. menguji silinder beton satu persatu dan mencatat berapa beban yang terbaca sampai beton hancur.

## 4.2 Hasil Penelitian

### 4.2.1 Hasil Pengujian Bahan

#### 1. Agregat halus

Dari pengujian bahan pada agregat halus didapatkan hasil sebagai berikut ini:

Tabel 4.8  
Pengujian Modulus Halus Butir

Lubang ayakan	Berat tertinggal		Berat tertinggal (%)		Berat tertinggal kumulatif	
	I	II	I	II	I	II
Percobaan ke						
40	--	--	--	--	--	--
20	--	--	--	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--
4.80	15	21	0,75	1,05	0,75	1,05
2.40	162	167	8,1	8,37	8,85	9,42
1.20	502	502	25,1	25,15	33,95	34,57
0.60	677	688	33,85	34,47	67,8	69,04
0.30	414	400	20,7	20,04	88,5	89,08
0.15	189	181	9,45	9,07	97,95	98,15
sisa	41	37	2,05	1,85	-	-
Jumlah	2000	1996	100	100	297,8	301,31
rata-rata					299,56	

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = 299,56/100 = 2,9956.$$

Tabel 4.9  
Pemeriksaan Berat Jenis

	Benda uji I	Benda uji II
Berat Agregat (W) ,gram	500	500
gelas ukur + air (V <sub>1</sub> ) ,cc	500	500
Gelas ukur + air +agregat (V <sub>2</sub> ) ,cc	705	700
Berat Jenis ( W/(V <sub>2</sub> -V <sub>1</sub> ))	2,43	2,5
Berat Jenis Rata-Rata	2,465	

Tabel 4.10  
Pemeriksaan kadar lumpur

	Benda uji I	Benda uji II
Berat piring kosong ( $W_1$ )	149 gram	150 gram
Berat piring + pasir kering ( $W_2$ )	649 gram	650 gram
Berat pasir kering ( $W_2 - W_1$ )	500 gram	500 gram
Berat piring + pasir kering setlh dicuci ( $W_3$ )	648,5 gram	648 gram
Kadar lumpur $[(W_2 - W_1) - (W_3 - W_1)] / (W_2 - W_1)$	0,1 %	0,4 %
Kadar lumpur rata-rata	2,5 %	

## 2. Agregat kasar

Pengujian untuk agregat kasar didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.11  
Pemeriksaan Berat Jenis

	Benda uji I	Benda uji II
Berat Agregat ( $W$ )	500 gram	500 gram
gelas ukur + air ( $V_1$ )	500 cc	500 cc
Gelas ukur + air + agregat ( $V_2$ )	690 cc	690 cc
Berat Jenis (BJ) $W / (V_2 - V_1)$	2,63	2,63
Berat Jenis Rata-Rata	2,63	

Tabel 4.12  
Pengujian berat volume

	Benda uji I	Benda uji II
Berat cetakan silinder ( $W_1$ )	5,475 Kg	5,475 Kg
Berat cetakan + agregat ( $W_2$ )	13,562 Kg	13,515 Kg
Volume silinder	$5,3 \cdot 10^{-3} m^3$	$5,3 \cdot 10^{-3} m^3$
berat volume agregat $(W_2 - W_1) / V$	1525 Kg/m <sup>3</sup>	1516 Kg/m <sup>3</sup>
Berat volume agregat rata-rata	1521 Kg/m <sup>3</sup>	

Tabel 4.13  
Hasil pengujian kadar air & serapan air

	Benda uji I	Benda uji II
Berat piring kosong (W1)	149 gr	149 gr
Berat Kerikil + piring (W2)	947 gr	960 gr
Berat kerikil kering + piring. (W3)	936,5 gr	951 gr
Berat kerikil SSD + piring. (W4)	950 gr	967 gr
Kadar air	1,33 %	1,12 %
Kadar air rata-rata	1,275 %	
Serapan air	1,714 %	1,995
Serapan air rata-rata	1,8545 %	

#### 4.2.2 Hasil pengujian slump

Dengan hasil pengujian slump yang memenuhi syarat (200–225 mm) didapatkan dosis *superplastizicer* sebagai berikut:

Tabel 4.14  
Hasil pengujian slump.

No	Campuran	Slump(mm)	Dosis (%)
1	Tanpa FA & SF	220	0.75%
2	2,5 % FA	205	1%
3	5 % FA	221	1.25%
4	7,5 % FA	218	1.75%
5	2,5 % SF	205	1%
6	5 % SF	208	1.5%
7	7,5 % SF	210	2%

### 4.2.3 Hasil Pengujian Desak Beton

Pengujian desak dilakukan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari pada tiap variasi campuran beton.

Tabel 4.15  
Hasil uji desak beton dengan campuran dasar

Benda uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Beban (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (MPa)
7-DS1	152.3	302.2	13.163	650000	18217.53809	35.67990345
7-DS2	148.3	300.6	13.82	625000	17273.17534	36.18327191
7-DS3	150.7	301.5	13.59	690000	17836.77706	38.68411865
7-DS4	150.5	303.7	13.184	635000	17789.46467	36.81954528
7-DS5	150.9	300.4	12.945	665000	17884.15228	37.18375854
14-DS1	150	300	12.88	775000	17671.4586	43.85602895
14-DS2	151.1	305.5	13.335	765000	17931.59032	42.66213906
14-DS3	150.35	300	13.03	790000	17754.02162	44.49696058
14-DS4	151.6	299.4	13.206	815000	18050.46034	45.15120306
14-DS5	150.5	298.4	13.092	820000	17789.46467	46.0946979
21-DS1	150.2	300	13.16	830000	17718.61391	46.84339331
21-DS2	149.5	300.6	13.05	850000	17553.84523	48.42243902
21-DS3	149.5	298	13.11	895000	17553.84523	50.98597991
21-DS4	152	305	13.755	895000	18145.83909	49.32260204
21-DS5	150.5	303.5	13.394	930000	17789.46467	52.27813299
28-DS1	150.5	301.35	13.175	930000	17789.46467	52.27813299
28-DS2	151.6	302	13.645	940000	18050.46034	52.07623421
28-DS3	150.3	302.25	13.225	945000	17742.21512	53.26279687
28-DS4	151	303.75	13.515	975000	17907.86345	54.44535597
28-DS5	151.3	302.245	13.125	1035000	17979.09121	57.56686966



Tabel 4.16  
 Hasil uji desak beton dengan 2,5% *silica fume*

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Beban (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (MPa)
7-2,5SF1	150.4	303.45	12.955	730000	17765.83204	41.0901104
7-2,5SF2	149	302	13.215	760000	17436.62455	43.58641765
7-2,5SF3	151.1	300.5	13.06	765000	17931.59032	42.66213906
7-2,5SF4	150.25	299.85	13.2	845000	17730.41255	47.65822553
7-2,5SF5	151.5	300	13.025	720000	18026.65492	39.94085443
14-2,5SF1	149	300.5	13.106	730000	17436.62455	41.86590116
14-2,5SF2	150.5	301.2	13.054	845000	17789.46467	47.50002406
14-2,5SF3	149.65	302.75	13.432	825000	17589.088	46.90408052
14-2,5SF4	150.1	301.85	13.165	760000	17695.0284	42.94991694
14-2,5SF5	150	300	13.292	815000	17671.4586	46.11956593
21-2,5SF1	150	30.245	13.193	930000	17671.4586	52.62723474
21-2,5SF2	151.4	29.85	13.26	980000	18002.86521	54.43577946
21-2,5SF3	150.1	302	13.15	905000	17695.0284	51.14430899
21-2,5SF4	149.3	301.6	13.283	885000	17506.90983	50.55146845
21-2,5SF5	150.5	298.4	13.235	910000	17789.46467	51.15387206
28-2,5SF1	150.4	300.5	12.943	1100000	17765.83204	61.91660471
28-2,5SF2	149	299	13.005	1100000	17436.62455	63.08560449
28-2,5SF3	150.1	300.5	13.23	1040000	17695.0284	58.77357055
28-2,5SF4	150.25	301.8	13.15	1120000	17730.41255	63.16829893
28-2,5SF5	151.5	298.5	12.997	1000000	18026.65492	55.47340894

Tabel 4.17  
 Hasil uji desak beton dengan *fly ash* 2,5 %

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Beban (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (MPa)
7-2,5FA1	150.2	300.11	13.116	675000	17718.61391	38.0955307
7-2,5FA2	150	301.75	12.965	680000	17671.4586	38.48012863
7-2,5FA3	151.2	297.45	13.167	710000	17955.33291	39.54256953
7-2,5FA4	151.1	301.5	13.113	690000	17931.59032	38.47957641
7-2,5FA5	150.9	300.25	13.18	670000	17884.15228	37.46333568
14-2,5FA1	150.7	300.15	13.198	750000	17836.77706	42.04795505
14-2,5FA2	149.9	299.15	13.197	730000	17647.90451	41.36468438
14-2,5FA3	151.4	300.9	12.897	790000	18002.86521	43.88190385
14-2,5FA4	150.25	301.1	12.945	710000	17730.41255	40.0441895
14-2,5FA5	150.9	305.25	13.372	770000	17884.15228	43.05487832
21-2,5FA1	149.15	301.6	13.37	810000	17471.74952	46.36055474
21-2,5FA2	150.25	301.55	13.22	790000	17730.41255	44.55621085
21-2,5FA3	150.75	302	13.1	830000	17848.61497	46.50220767
21-2,5FA4	150	305	13.14	800000	17671.4586	45.27073956
21-2,5FA5	148.25	300	13.265	770000	17261.52985	44.6078654
28-2,5FA1	150.2	292.5	13.824	1000000	17718.61391	56.43782326
28-2,5FA2	150.4	302.25	13.225	980000	17765.83204	55.16206602
28-2,5FA3	151.45	302.5	13.795	985000	18014.7581	54.67739253
28-2,5FA4	150	305	13.275	1050000	17671.4586	59.41784568
28-2,5FA5	150	302.5	13.105	990000	17671.4586	56.02254021

Tabel 4.18  
 Hasil uji desak beton dengan 5 % *silica fume*

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Beban (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (MPa)
7-SSF1	150.9	299.75	12.91	810000	17884.15228	45.29149537
7-SSF2	150.8	299.75	12.729	810000	17860.45681	45.35158358
7-SSF3	150.5	302	13.125	835000	17789.46467	46.9378936
7-SSF4	159	302.45	13.01	895000	19855.65088	45.0753292
7-SSF5	151	302.25	12.98	770000	17907.86345	42.99787087
14-SSF1	150.6	300	12.995	895000	17813.11301	50.24388491
14-SSF2	150.4	300.25	13.05	885000	17765.83204	49.81472288
14-SSF3	150.1	305	13.1	900000	17695.0284	50.86174375
14-SSF4	149.7	301.55	13.2	890000	17600.84345	50.56575854
14-SSF5	150.2	301	12.88	890000	17718.61391	50.2296627
21-SSF1	150.1	301.5	13.089	1050000	17695.0284	59.33870104
21-SSF2	149	302	13.242	980000	17436.62455	56.20353855
21-SSF3	150.9	302.4	13.085	985000	17884.15228	55.07669499
21-SSF4	150.2	302.65	13.296	1000000	17718.61391	56.43782326
21-SSF5	150.05	301.15	13.155	995000	17683.24154	56.2679641
28-SSF1	149	304.3	13.31	1130000	17436.62455	64.80612098
28-SSF2	150.45	302	13.235	1160000	17777.64639	65.25048222
28-SSF3	150.42	301	12.815	1130000	17770.55731	63.58832647
28-SSF4	150.2	301	12.93	1145000	17718.61391	64.62130763
28-SSF5	150.75	300.5	13.11	1140000	17848.61497	63.8705021

Tabel 4.19  
Hasil uji desak beton dengan 5 % *fly ash*

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Beban (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (MPa)
7-5FA1	151.1	302.35	13.448	780000	17931.59032	43.49865159
7-5FA2	149	299.75	12.998	815000	17436.62455	46.74069787
7-5FA3	151	300	13.11	730000	17907.86345	40.76421524
7-5FA4	151.8	302.75	13.402	810000	18098.1183	44.75603412
7-5FA5	151	299.75	12.59	820000	17907.86345	45.78994041
14-5FA1	150	301	12.85	860000	17671.4586	48.66604503
14-5FA2	148.5	302.2	13.1	840000	17319.79657	48.4994149
14-5FA3	150.2	302	13.05	850000	17718.61391	47.97214977
14-5FA4	149.3	302	12.95	860000	17506.90983	49.12346087
14-5FA5	150.8	301.2	13.05	845000	17860.45681	47.31121991
21-5FA1	150.55	300	13.18	1000000	17801.28688	56.17571397
21-5FA2	151	302.25	13.53	980000	17907.86345	54.72456292
21-5FA3	149.4	301.45	13.45	990000	17530.36967	56.47342403
21-5FA4	150.1	299.1	13.27	970000	17695.0284	54.81765715
21-5FA5	150.5	302.25	13.22	955000	17789.46467	53.68345914
28-5FA1	150.5	301	13.35	1080000	17789.46467	60.71008992
28-5FA2	150.6	302.4	13.33	1120000	17813.11301	62.87502916
28-5FA3	150.1	301	13.185	1150000	17695.0284	64.9900059
28-5FA4	150.1	300.4	12.99	1145000	17695.0284	64.70744065
28-5FA5	152.2	302	13.111	1120000	18193.62271	61.5600322



Tabel 4.20  
 Hasil uji desak beton dengan 7,5% *silica fume*

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Beban (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (MPa)
7-7,5SF1	150.5	301.65	13.13	860000	17789.46467	48.34321975
7-7,5SF2	148.75	309.5	12.78	695000	17378.16147	39.99272311
7-7,5SF3	151.2	304.5	13.181	810000	17955.33291	45.11194552
7-7,5SF4	150	301	13.02	755000	17671.4586	42.72426046
7-7,5SF5	150.5	300.55	12.785	800000	17789.46467	44.97043698
14-7,5SF1	150.7	302.5	13	935000	17836.77706	52.41978396
14-7,5SF2	151.3	303	12.955	900000	17979.09121	50.05814753
14-7,5SF3	151.5	301	12.85	885000	18026.65492	49.09396691
14-7,5SF4	150.6	301.25	13.1	885000	17813.11301	49.68250072
14-7,5SF5	149.1	3000	13.35	910000	17460.03727	52.11901819
21-7,5SF1	150.5	301.6	12.86	995000	17789.46467	55.93198099
21-7,5SF2	150	301	13.13	1040000	17671.4586	58.85196143
21-7,5SF3	149.7	301.45	12.84	990000	17600.84345	56.24730444
21-7,5SF4	150	297	12.822	1010000	17671.4586	57.1543087
21-7,5SF5	150.2	302	13.095	1035000	17718.61391	58.41314707
28-7,5SF1	150.35	307	13.04	1140000	17754.02162	64.21080387
28-7,5SF2	150.75	300.7	12.97	1200000	17848.61497	67.23210747
28-7,5SF3	151.55	298	13.05	1200000	18038.55566	66.52417313
28-7,5SF4	148.3	301.7	12.9	1085000	17273.17534	62.81416003
28-7,5SF5	148.45	300.4	13	1092000	17308.13537	63.09171822

Tabel 4.21  
 Hasil uji desak beton dengan 7.5% fly ash

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Beban (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (MPa)
7-7,5FA1	149.15	301	13.38	750000	17471.74952	42.92643957
7-7,5FA2	150.5	297.5	13.03	795000	17789.46467	44.68937175
7-7,5FA3	151.25	299.55	13.08	800000	17967.21009	44.52555493
7-7,5FA4	151	299.35	13.152	765000	17907.86345	42.71866392
7-7,5FA5	150.2	300.75	13.22	745000	17718.61391	42.04617833
14-7,5FA1	149.1	301.5	13.175	875000	17460.03727	50.11444057
14-7,5FA2	150	297.2	13.075	860000	17671.4586	48.66604503
14-7,5FA3	149	302.5	13.204	865000	17436.62455	49.60822535
14-7,5FA4	150.02	303.15	13.225	880000	17676.1713	49.78453676
14-7,5FA5	150.05	302.75	13.185	890000	17683.24154	50.33013875
21-7,5FA1	151.7	304.75	13	1060000	18074.28146	58.64686805
21-7,5FA2	150.5	302	12.99	980000	17789.46467	55.0887853
21-7,5FA3	151	302.25	13.01	1015000	17907.86345	56.6790116
21-7,5FA4	150	300	13.1	1070000	17671.4586	60.54961417
21-7,5FA5	151.5	307	13.05	1050000	18026.65492	58.24707938
28-7,5FA1	151.45	298.55	13.06	1160000	18014.7581	64.39165009
28-7,5FA2	150.5	301.55	13.145	1170000	17789.46467	65.76926408
28-7,5FA3	152.2	300.2	13.075	1140000	18193.62271	62.65931849
28-7,5FA4	151.1	300.55	13.075	1135000	17931.59032	63.29611482
28-7,5FA5	150.35	301.8	13.095	1115000	17754.02162	62.8026722

## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisis

##### 5.1.1 Analisis kuat desak

Analisis kuat desak dilakukan untuk mendapatkan kuat desak rata-rata pada tipe umur beton yang diamati, angka konversi kekuatan beton, dan kuat desak aktual pada umur 28 hari

##### 1. Analisis kuat desak untuk campuran dasar

Tabel 5.1  
Perhitungan kuat desak rata-rata beton campuran dasar

Benda uji	P	A	P/A	Jumlah rata-rata	Angka konversi
7-CDS1	650000	18217,53809	35,67990345	$\Sigma f_{ci}=184,55059783$ $f_{cr} = 36,91011956$	0,6844602438 $\cong 0,68$
7-CDS2	625000	17273,17534	36,18327191		
7-CDS3	690000	17836,77706	38,68411865		
7-CDS4	655000	17789,46467	36,81954528		
7-CDS5	665000	17884,15228	37,18375854		
14-CDS1	775000	17671,4586	43,85602895	$\Sigma f_{ci}=222,26102955$ $f_{cr}= 44,45220598$	0,8243204873 $\cong 0,82$
14-CDS2	765000	17931,59032	42,66213906		
14-CDS3	790000	17754,02162	44,49696058		
14-CDS4	815000	18050,46034	45,15120306		
14-CDS5	820000	17789,46467	46,0946979		
21-CDS1	830000	17718,61391	46,84339331	$\Sigma f_{ci}=247,85254727$ $f_{cr}=49,57050944$	0,9192341661 $\cong 0,92$
21-CDS2	850000	17553,84523	48,42243902		
21-CDS3	895000	17553,84523	50,98597991		
21-CDS4	895000	18145,83909	49,32260204		
21-CDS5	930000	17789,46467	52,27813299		
28-CDS1	930000	17789,46467	52,27813299	$\Sigma f_{ci}=269,6293897$ $f_{cr}=53,92587794$	1
28-CDS2	940000	18050,46034	52,07623421		
28-CDS3	945000	17742,21512	53,26279687		
28-CDS4	975000	17907,86345	54,44535597		
28-CDS5	1035000	17979,09121	57,56686966		

Tabel 5.2  
Kuat desak beton pada umur 28 hari

Benda uji	P/A (MPa)	angka konversi	f'ci (28 hari)	(f'ci - f'cr) <sup>2</sup>	
7-CDS1	35,67990345	0,6844602438 ≅ 0,68	52.12852576	3.230474861	
7-CDS2	36,18327191		52.86394971	1.127691557	
7-CDS3	38,68411865		56.51769989	6.717541038	
7-CDS4	36,81954528		53.79354844	0.017511097	
7-CDS5	37,18375854		54.32566593	0.159830437	
14-CDS1	43,85602895	0,8243204873 ≅ 0,82	53.20264351	0.523068041	
14-CDS2	42,66213906		51.75431132	4.715701575	
14-CDS3	44,49696058		53.98017074	0.002947708	
14-CDS4	45,15120306		54.77384565	0.719049232	
14-CDS5	46,0946979		55.91841849	3.970217841	
21-CDS1	46,84339331	0,9192341661 ≅ 0,92	50.95915168	8.801464731	
21-CDS2	48,42243902		52.67693564	1.559856858	
21-CDS3	50,98597991		55.46571459	2.371096909	
21-CDS4	49,32260204		53.65618886	0.072732198	
21-CDS5	52,27813299		56.87139894	8.676093948	
28-CDS1	52,27813299	1	52.27813299	2.715063425	
28-CDS2	52,07623421		52.07623421	3.42118194	
28-CDS3	53,26279687		53.26279687	0.439676503	
28-CDS4	54,44535597		54.44535597	0.269857424	
28-CDS5	57,56686966		57.56686966	13.2568207	
			Σ	1078,517579	62.76787802
			fcr	53.92587794	

Standar deviasi dicari dengan rumus :  $s = \sqrt{\frac{\sum (f',ci - f',cr)^2}{n-1}}$

Maka nilai Standar deviasi (s) =  $\sqrt{\frac{62,76787802}{20-1}} = 1,817573252$  MPa.

$$f_{cr} = f_c + (1,64 \times s)$$

$$f_c = f_{cr} - (1,64 \times s)$$

$$f_c = 53,92587794 - (1,64 \times 1,817573252)$$

$$f_c = 53,92587794 - 2,9808020133 = 50,94507581 \text{ MPa} < 55 \text{ MPa.}$$



Tabel 5.3  
 Nilai rata-rata benda uji

Benda Uji	fci (Mpa)	Rata-rata 2 benda uji (Mpa)	Rata-rata 3 benda uji berurutan (Mpa) ACI	Rata-rata 4 benda uji berurutan (Mpa) SKSNI
7-CDS1	52.128526			
7-CDS2	52.863950	52.4962377		
7-CDS3	56.517700		53.8367251	
7-CDS4	53.793548	55.1556242	54.3917327	53.8259310
7-CDS5	54.325666		54.8789714	54.3752160
14-CDS1	53.202644	53.7641547	53.7739526	54.4598894
14-CDS2	51.754311		53.0942069	53.2690423
14-CDS3	53.980171	52.8672410	52.9790419	53.3156979
14-CDS4	54.773846		53.5027759	53.4277428
14-CDS5	55.918418	55.3461321	54.8908116	54.1066866
21-CDS1	50.959152		53.8838053	53.9078966
21-CDS2	52.676936	51.8180437	53.1848353	53.5820879
21-CDS3	55.465715		53.0339340	53.7550551
21-CDS4	53.656189	54.5609517	53.9329464	53.1894977
21-CDS5	56.871399		55.3311008	54.6675595
28-CDS1	52.278133	54.5747660	54.2685736	54.5678588
28-CDS2	52.076234		53.7419220	53.7204888
28-CDS3	53.262797	52.6695155	52.5390547	53.6221408
28-CDS4	54.445356		53.2614624	53.0156300
28-CDS5	57.566870	56.0061128	55.0916742	54.3378142

- Nilai rata-rata dua benda uji yang berurutan  $> f_c - 500$  psi atau  $55 - 3,5525 - 51,5525$  MPa.
- Nilai rata-rata 3 benda uji (diambil yang terkecil)  $= 52,5390547$  MPa  $< f_c$  ( $55$  Mpa)
- Nilai rata-rata 4 benda uji (diambil yang terkecil)  $= 53,01563$  Mpa  $< (55 + 0,82 \cdot 1,817573252) = 56,49041007$  Mpa

Dengan cara yang sama hasil perhitungan untuk beton dengan campuran *silica fume* dan *fly ash* ditampilkan pada tabel berikut dan perhitungan secara lengkap tercantum di lampiran(lampiran 14 sampai dengan 19)

Tabel.5.4  
Rekapitulasi kuat desak beton dan angka konversi

	Campuran Dasar	silica Fume			fly ash		
		2,5 %	5 %	7,5 %	2,5 %	5 %	7,5 %
f'cr umur 7 hari	36,91011956 0,68	42,98754594 0,71	45,13083452 0,7	44,22851716 0,68	38,41222819 0,68	44,30990785 0,7	43,3812417 0,68
f'cr umur 14 hari	44,45220598 0,82	45,06789772 0,74	50,34315455 0,78	50,67468346 0,78	42,07872222 0,75	48,3144581 0,77	49,70067729 0,78
f'cr umur 21 hari	49,57050944 0,92	51,98253274 0,86	56,66494439 0,88	57,31974053 0,88	45,45951564 0,81	55,17496344 0,88	57,8422717 0,91
f'cr umur 28 hari	53,92587794 1	60,48349752 1	64,42734788 1	64,77459254 1	56,34353354 1	62,96851957 1	63,78380394 1
standar deviasi (s)	1,817573252	3,01134022	1,298217962	2,531737023	1,448629136	1,888980201	1,487548879
f'c	50,94505781	55,54489956	62,29817042	60,62254382	53,96778176	59,87059204	61,34422375
f'c1	51.81804366	56.1915229	62.8413514	62.95293913	54.91972928	60.76613287	63.0493935
f'c2	52,53905470	58,71019505	63,14459432	62,40368077	55,42576060	61,51239029	62,639860960
f'c3	53,01563000	59,76958423	64,37000930	63,26805220	55,39131528	61,85305001	61,85305001

Keterangan:

- f'c : Kuat desak aktual [  $f'c = f'cr - (1,64 \times S)$  ]  
f'c1 : Rata-rata dua benda uji  
memenuhi syarat bila  $\geq f'c - 500$  psi (51,5525 Mpa)  
f'c2 : Rata-rata dari tiga benda uji berurutan  
memenuhi syarat bila  $\geq f'c$  (55 Mpa)  
f'c3 : Rata-rata dari empat benda uji berurutan.  
memenuhi syarat bila  $\geq f'c + 0,82 \times S$  (56,49041007 Mpa)

SD - 65 → SD - 62

menggunakan konversi kuat

Rekomendasi agar kuat dari 7 hari ke

Rekomendasi utk umur 0 - 7 hari

### 5.1.2 Analisis biaya

#### 1. Fly ash

Biaya transportasi	- 2 hari x Rp 150.000,00 / hari	= Rp 300.000,00
Biaya sopir	- 2 hari x Rp 50.000,00 / hari	= Rp 100.000,00
Biaya buruh	- 2 hari x Rp 20.000,00 /hari x 2	= Rp 80.000,00
Biaya perjalanan	- 2 hari x Rp 100.000	= Rp 200.000,00
Biaya lain-lain	- Rp 80.000,00	= <u>Rp 80.000,00</u> +
Total		= Rp 760.000,00

Dengan biaya tersebut jumlah *Fly ash* yang bisa di dapat sebanyak 1Ton = 1000 kg, dan biaya per kg = Rp 760,00

#### 2. Pasir

$$1,25 \text{ m}^3 = \text{Rp } 30.000,00$$

$$\text{Berat pasir} = 1,25 \times 2,465 \times 1000 = 3081,25 \text{ kg}$$

$$\text{Biaya per kg} = \text{Rp } 30.000,00 : 3081,25 = \text{Rp } 9,7363$$

#### 3. Kerikil

$$1,25 \text{ m}^3 = \text{Rp } 100.000,00$$

$$\text{Berat kerikil} = 1,25 \times 2,63 \times 1000 = 3287,5$$

$$\text{Biaya per kg} = \text{Rp } 100.000,00 : 3287,5 = \text{Rp } 30,4183$$

#### 4. Air

Perkiraan untuk harga air dianggap tidak ada

#### 5. Silica fume

Harga per kg Rp 6.000,00

6. Super plasticizer

Harga per kg Rp 11.770,00

7. Semen

Harga per zak (50 kg ) Rp 15.000,00 , per kg Rp 300,00

Secara keseluruhan hasil perhitungan bahan dan biaya pembuatan beton untuk campuran dasar, campuran dengan *silica fume* dan campuran dengan *fly ash* diunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 5.5  
Rekapitulasi Bahan

Bahan	Campuran Dasar	Silica fume			Fly Ash		
		2.5 %	5%	7.5%	2.5%	5%	7.5%
Semen (kg)	507.7210	495.0282	495.0282	469.6419	495.0282	482.3349	469.6419
Fly Ash (kg)	-	-	-	-	12.6928	25.3861	38.0791
Silica Fume (kg)	-	12.6928	25.3861	38.0791	-	-	-
Pasir (kg)	577.7960	570.8940	566.950	562.513	571.88	568.429	564.978
Kerikil (kg)	1095.12	1095.12	1095.12	1095.12	1095.12	1095.12	1095.12
Air (kg)	169	169	169	169	169	169	169
Superplasticizer (kg)		4.95028	7.235024	9.39284	4.95028	6.029186	8.21873

Tabel 5.6  
Rekapitulasi perhitungan biaya pembuatan beton mutu tinggi per m<sup>3</sup> beton

Bahan	harga/ satuan Rp	Campuran dasar	Silica fume			Fly ash		
			2,5%	5%	7,5%	2,5%	5%	7,5%
Semen	300,00	152.316,30	148.508,46	144.700,47	140.892,57	148.508,46	144.700,47	140.892,57
Fly ash	760,00	--	--	--	--	9.646,53	19.293,44	28.940,12
Silica fume	6.000,00	--	76.156,80	228.316,60	228.474,60	--	--	--
Pasir	9,74	5.625,6	5.558,40	5.520,00	5.476,80	5.568,00	5.534,00	5.500,80
Kerikil	30,42	33.311,69	33.311,69	33.311,69	33.311,69	33.311,69	33.311,69	33.311,69
Air	--	--	--	--	--	--	--	--
Superplasticizer	11.700,0	44.819,07	58.264,82	85.156,23	110.553,23	58.264,82	70.963,52	96.734,49
Jumlah (Rp)		236.072,66	321.800,16	421.004,98	518.709,36	255.299,49	273.803,51	305.379,66

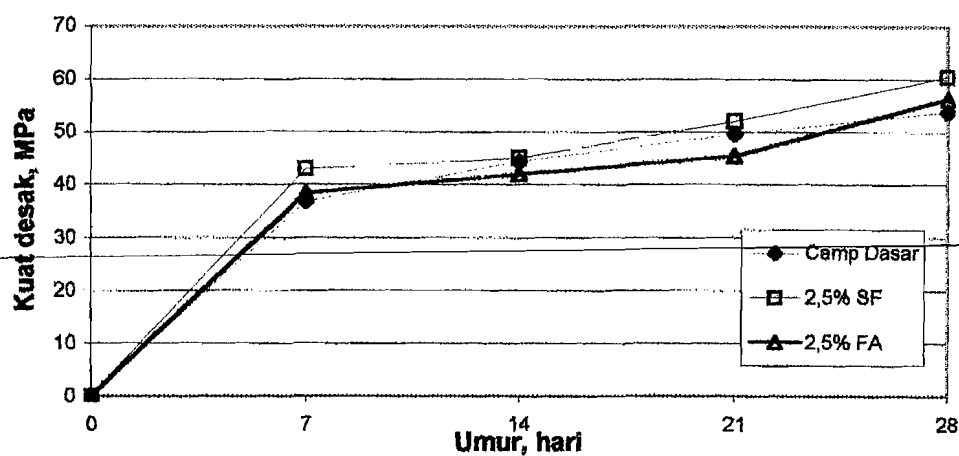
## 5.2 Pembahasan

Pembahasan pada penelitian ini meliputi pembahasan kuat desak dan biaya beton. Mengenai kuat desak beton dibahas peningkatan kuat desak setiap variasi kandungan *silica fume* dan *fly ash* serta campuran dasar pada setiap peningkatan umur beton yaitu 7,14,21 dan 28 hari. Selain itu juga akan dibahas peningkatan kuat desak pada setiap peningkatan kadar *silica fume* dan *fly ash* yaitu 2,5%,5%,7,5%. Selanjutnya dibahas pula biaya yang dibutuhkan akibat penggunaan *silica fume* dan *fly ash* untuk membuat campuran beton.

### 5.2.1 Kuat Desak

#### 1. Peningkatan umur beton terhadap kuat desak ( $f'_{cr}$ )

##### a. 2,5 % *silica fume* dan 2,5 % *fly ash*. (Tabel 5.1 dan lampiran 14)



Gambar 5.1

Peningkatan umur terhadap kuat desak rata-rata beton campuran dasar, 2,5% *silica fume* dan 2,5% *fly ash*.

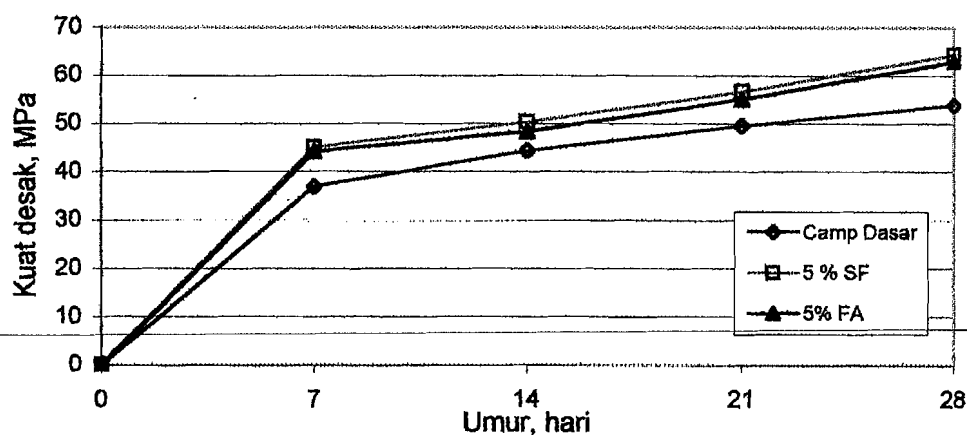
Kuat desak rata-rata campuran dasar pada umur 7 hari mencapai 68,44 6 % dari umur 28 hari, beton dengan 2,5 % *silica fume* sebesar 71,07%, beton dengan

2,5 % *fly ash* sebesar 68,175%, campuran beton dengan *silica fume* mempunyai peningkatan kuat desak rata-rata tertinggi.

Kuat desak rata-rata campuran dasar pada umur 14 hari mencapai 82,432% dari umur 28 hari, beton dengan 2,5 % *silica fume* sebesar 74,513 %, beton dengan 2,5 % *fly ash* sebesar 74,682%, campuran dasar mempunyai peningkatan kuat desak tertinggi.

Kuat desak rata-rata campuran dasar pada umur 21 hari mencapai 91,923 % dari umur 28 hari, beton dengan 2,5 % *silica fume* sebesar 85,945 %, beton dengan 2,5 % *fly ash* sebesar 80,682%, campuran dasar mempunyai peningkatan kuat desak tertinggi.

b. 5% *silica fume* dan 5% *fly ash*. (Tabel 5.1 dan lampiran 15)



Gambar 5.2

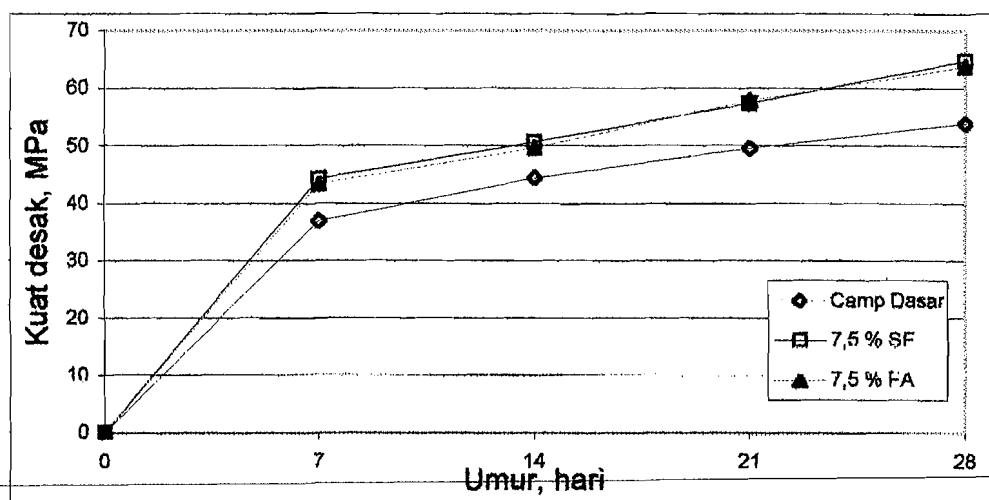
Peningkatan umur terhadap kuat desak pada beton campuran dasar, 5% *silica fume* dan 5% *fly ash*.

Kuat desak rata-rata campuran dasar pada umur 7 hari mencapai 68,44 6 % dari umur 28 hari, beton dengan 5 % *silica fume* sebesar 70,049 %, beton dengan 5 % *fly ash* sebesar 70,368 %, campuran beton dengan *silica fume* mempunyai peningkatan kuat desak rata-rata tertinggi.

Kuat desak rata-rata campuran dasar pada umur 14 hari mencapai 82,432% dari umur 28 hari, beton dengan 5 % *silica fume* sebesar 78,139%, beton dengan 5 % *fly ash* sebesar 76,727%, campuran dasar mempunyai peningkatan kuat desak tertinggi.

Kuat desak rata-rata campuran dasar pada umur 21 hari mencapai 91,923 % dari umur 28 hari, beton dengan 5 % *silica fume* sebesar 87,951% , beton dengan 5 % *fly ash* sebesar 87,623%, campuran dasar mempunyai peningkatan kuat desak tertinggi.

c. 7,5% *silica fume* dan 7,5% *fly ash* (Tabel 5.1 dan lampiran 16)



Gambar 5.3  
Peningkatan umur terhadap kuat desak rata-rata beton campuran dasar,  
7,5% *silica fume* dan 7,5% *fly ash*.

Kuat desak rata-rata campuran dasar pada umur 7 hari mencapai 68,44 6 % dari umur 28 hari, beton dengan 7,5 % *silica fume* sebesar 68,28%, beton dengan 7,5 % *fly ash* sebesar 68,0129 % , campuran beton dengan *silica fume* mempunyai peningkatan kuat desak rata-rata tertinggi.



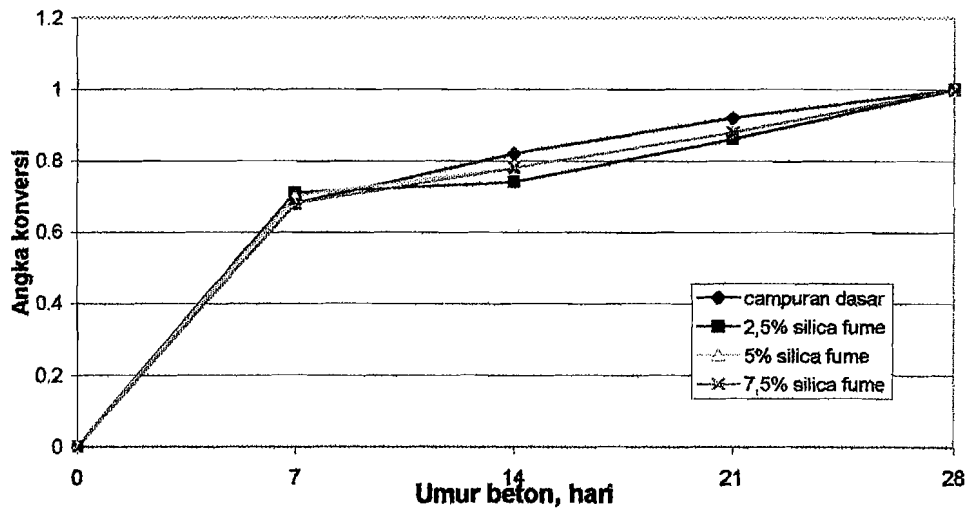
Kuat desak rata-rata campuran dasar pada umur 14 hari mencapai 82,432% dari umur 28 hari, beton dengan 5 % *silica fume* sebesar 78,232%, beton dengan 5 % *fly ash* sebesar 77,920%, campuran dasar mempunyai peningkatan kuat desak tertinggi.

Kuat desak rata-rata campuran dasar pada umur 21 hari mencapai 91,923 % dari umur 28 hari, beton dengan 7,5 % *silica fume* sebesar 88,491% ; beton dengan 7,5 % *fly ash* sebesar 90,6848%, campuran dasar mempunyai peningkatan kuat desak tertinggi.

Perubahan kuat tekan beton dari umur 0 sampai 7 hari lebih tinggi dibanding perubahan kuat tekan pada umur 7 ke 14 dan seterusnya sampai umur 28 hari

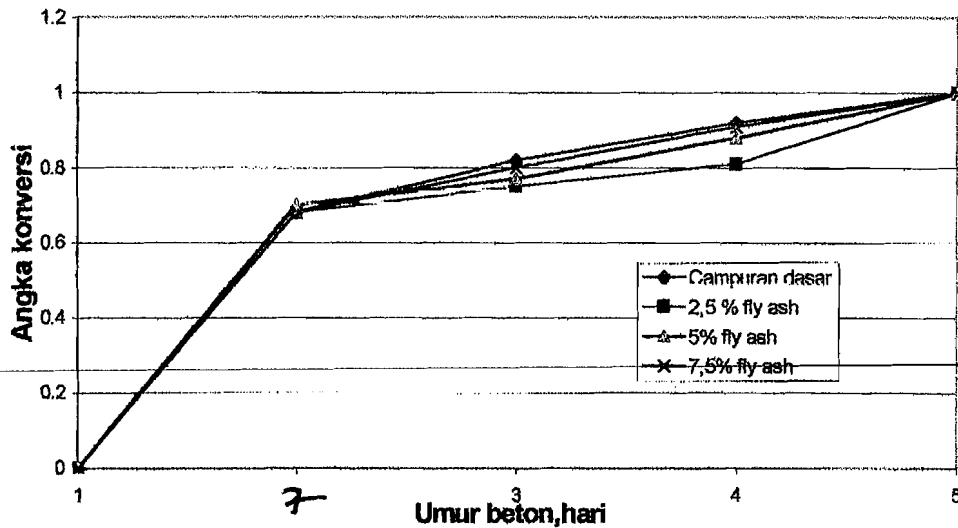
Pada campuran dasar kuat desak aktual yang terjadi lebih kecil dari kuat desak yang disyaratkan. Hal ini dimungkinkan karena mutu dari agregat yang kurang baik karena bentuk yang pipih memungkinkan terjadi lebih banyak rongga dan hal ini mengurangi kepadatan dari beton.

Dari penelitian yang terdahulu beton dengan campuran *silica fume* dan *fly ash* menunjukkan bahwa peningkatan kuat desak beton tetap terjadi setelah umur 28 hari. Pada penelitian ini pengamatan hanya sampai umur 28 hari, sehingga asumsi kuat desak maksimal pada umur 28 hari dengan konversi 1. Berikut ini ditampilkan gambar yang memuat angka konversi peningkatan kekuatan beton terhadap umur :



Gambar 5.4  
Angka konversi untuk campuran dasar dan silica fume.

Sonem  
kesimpulan =  
angka konversi



Gambar 5.5  
Angka konversi untuk campuran dasar dan fly ash

Dari setiap variasi kadar silica fume dan fly ash didapati bahwa pada beton dengan campuran silica fume menunjukkan kuat desak yang tertinggi pada umur 7 hari dibandingkan dengan campuran dasar dan fly ash. Hal ini disebabkan karena

lab  
-Membuat beton  
untuk angka konversi  
beton mutu tinggi  
-Rekomendasi Gubel  
Forum Beton mutu tinggi  
-Semua untuk mencari angka  
OP timum

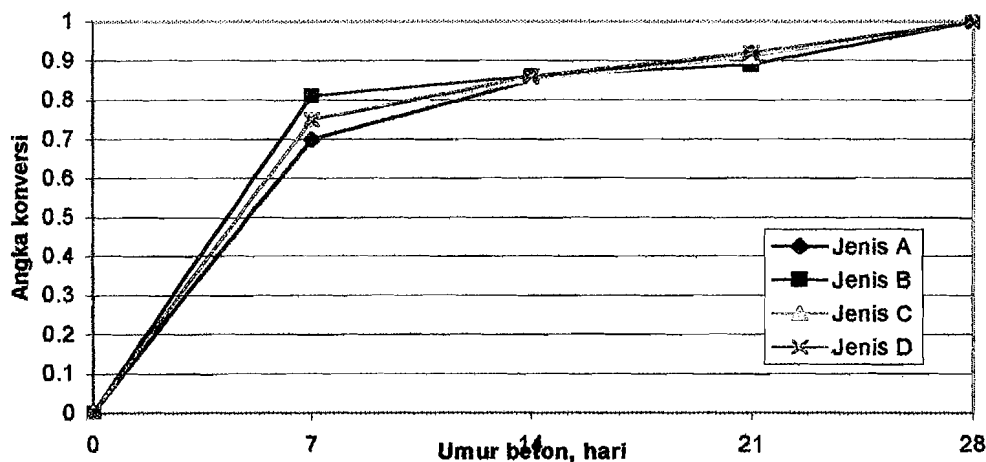
reaksi yang terjadi pada *silica fume* berlangsung lebih cepat dibanding campuran *fly ash* diakibatkan karena ukuran partikel *silica fume* lebih halus dibanding *fly ash*. Kehalusan butir *silica fume* mencapai 13000-30000 m<sup>2</sup>/kg sedangkan *fly ash* 400-700 m<sup>2</sup>/kg. Tetapi pada umur 14 dan 21 menunjukkan perkembangan kuat desak yang lebih lambat dibanding campuran dasar. Sebagai perbandingan, sebuah campuran yang dibuat oleh Holland dan Gutchov (1987) menggunakan 386 kg semen, 70 kg *silica fume*, 708 kg agregat halus, 971 kg agregat kasar, 130 kg air, 6,5 liter superplasticizer dengan slump sebesar 250 mm,  $w/(c+p) = 0,29$  menghasilkan kuat desak umur 7 hari sebesar 68,7 MPa dan 94,6 MPa pada umur 28 hari atau bila dinyatakan dalam perbandingan, kuat desak umur 7 hari sebesar 0,72 dari umur 28 hari, sedangkan pada penelitian yang dilakukan Sapartono (1998) diperoleh peningkatan kuat desak beton mutu tinggi pada umur 7,14,21 dan 28 seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 5.7  
Kuat desak rata-rata beton hasil percobaan Sapartono (1998)

Tipe beton	Kuat desak rata-rata/konversi							
	7 hari	Konversi	14 hari	Konversi	21 hari	Konversi	28 hari	Konversi
A	47.1	0,7	56.6	0,85	61.5	0,92	66.9	1
B	54.3	0,85	57.6	0,85	59.7	0,89	67.3	1
C	53.1	0,75	60.5	0,85	65	0,91	71.1	1
D	49.6	0,75	56.6	0,86	60.9	0,92	66.1	1

sumber : Sapartono, 1998

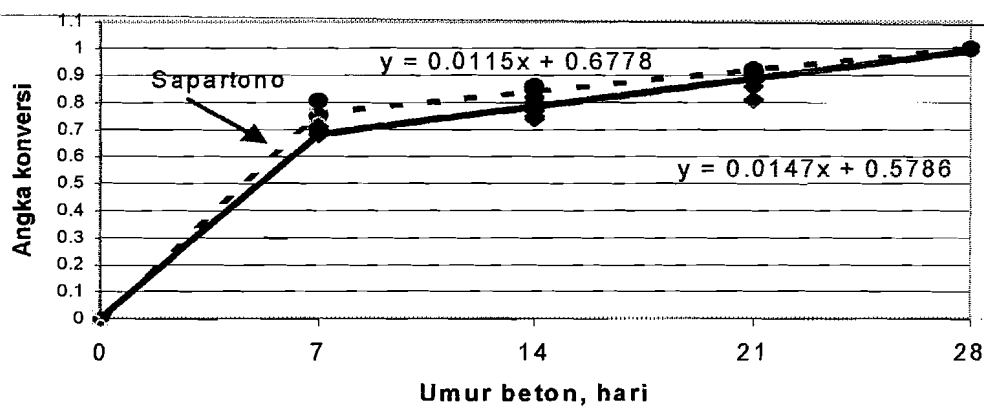
atau bila data tersebut dinyatakan sebagai perbandingan kekuatan umur 7,14,21 terhadap kuat desak beton umur 28 hari maka dapat dibuat gambar sebagai berikut ini :



Gambar 5.6  
Angka konversi beton dari penelitian Sapartono(1998)

Hasil penelitian didapat angka konversi umur 7 hari antara 0,68 – 0,71 umur 14 hari 0,74 – 0,82, umur 21 hari 0,81 – 0,92. Bila dibandingkan dengan penelitian Sapartono angka konversi hampir sama.

Dari hasil penelitian ini bila dibuat generalisasi untuk semua kadar silika fume dan fly ash maka diperoleh angka konversi beton mutu tinggi dengan kuat desak antara 50 - 65 MPa sesuai gambar berikut ini :



Gambar 5.7  
Angka konversi beton mutu tinggi 50 - 65 MPa.

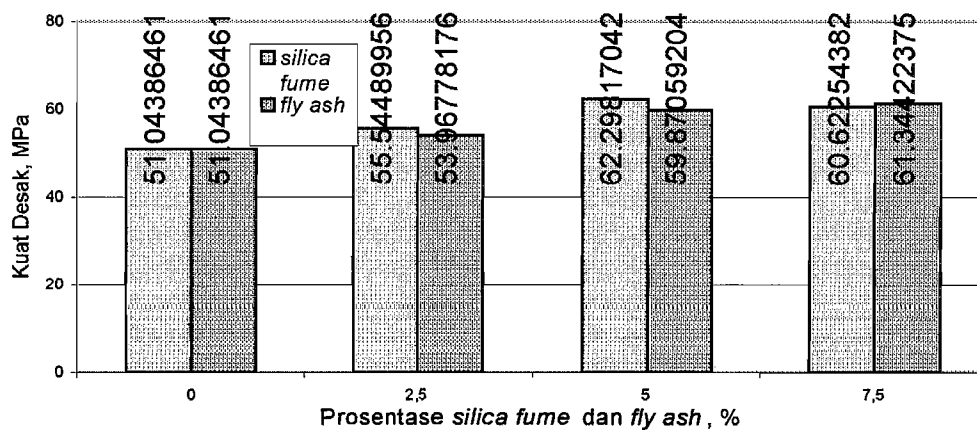
atau bila dinyatakan sesuai persamaan diatas :

Tabel 5.8  
Angka konversi beton mutu tinggi (50-65 MPa)

umur	7	14	21	28
konversi ( $0,0147X + 0,5786$ )	0,6815	0,7844	0,8873	1

Dari gambar 5.7 diketahui bahwa angka konversi hasil penelitian ini lebih kecil dari angka konversi pada penelitian Sapartono pada setiap peningkatan umur beton.

d. Peningkatan prosentase *silica fume* atau *fly ash* terhadap kuat desak aktual ( $f^c$ )



Gambar 5.8  
Peningkatan prosentase *silica fume* dan *fly ash* terhadap kuat desak aktual

Pada beton dengan campuran *silica fume* menunjukkan terjadi peningkatan kuat desak aktual pada setiap peningkatan prosentasenya. Peningkatan 2,5% *silica fume* menghasilkan kuat desak aktual 8,81797447% lebih tinggi dari beton tanpa campuran *silica fume*, pada peningkatan kadar *silica fume* 5% menghasilkan peningkatan kuat desak aktual 22,04830276 %, peningkatan kadar *silica fume* 7,5% menghasilkan paningkatan kuat desak aktual 18,76558384 % lebih tinggi..

Pada beton dengan campuran *fly ash* menunjukkan terjadi peningkatan kuat desak aktual pada setiap peningkatan prosentasenya. Peningkatan 2,5% *fly ash* menghasilkan kuat desak aktual 5,72824407 % lebih tinggi dari beton tanpa campuran *fly ash*, pada peningkatan 5% menghasilkan 17,29243563% , peningkatan 7,5% menghasilkan 20,1794265% lebih tinggi (Tabel 5.4).

Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa semakin banyak *silica fume* dan *fly ash* yang dipakai akan menghasilkan kuat desak yang semakin meningkat sampai kadar 7,5%, kecuali pada campuran beton dengan 7,5% *silica fume* terjadi penurunan kuat desak dibanding dengan campuran beton dengan 5% *silica fume*. Meskipun terjadi penurunan kuat desak pada 7,5% *silica fume* bukan berarti kadar optimum penggunaan *silica fume* sebesar 5%. Pada penelitian ini penurunan kuat desak dimungkinkan karena kualitas pengerjaan yang kurang baik sehingga nilai deviasi standarnya lebih tinggi. Dari tabel pada lampiran 16 pada hasil uji desak beton umur 7 hari terdapat dua benda uji yang besarnya jauh lebih besar dan jauh lebih kecil dari kuat desak rata-ratanya yaitu sebesar 70,80075396 MPa dan 58,5710874 MPa (setelah dikonversi ke 28 hari) sehingga mengakibatkan nilai  $(f_{ci}-f_{cr})^2$  menjadi sangat besar yaitu 36,31462249 dan 38,48347608 yang berakibat nilai deviasi standar yang besar pula yaitu 2,532737023, bila dibandingkan dengan 5% *silica fume* nilai  $(f_{ci}-f_{cr})^2$  maksimal hanya 9,27172837 dengan nilai deviasi standar 1,298217962.

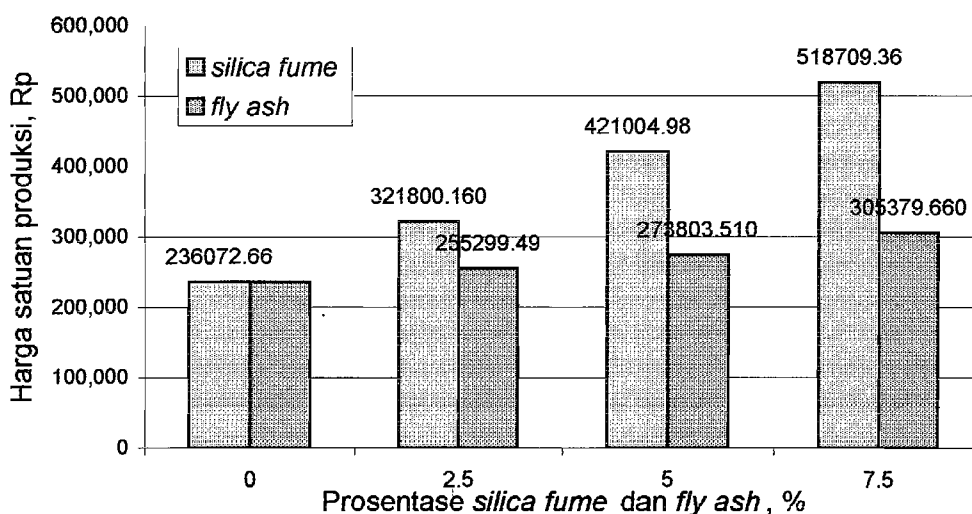
Peningkatan kuat desak akibat peningkatan kadar *silica fume* dan *fly ash* terjadi karena semakin banyak jumlah *silica fume* dan *fly ash* yang dipakai pada campuran beton semakin banyak pula kadar  $\text{SiO}_2$  yang memungkinkan terjadinya

reaksi pozolan yang lebih banyak. Reaksi pozolan terjadi antara  $\text{SiO}_2$  yang terkandung dalam *silica fume* dan *fly ash* dengan sisa reaksi hidrasi semen ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) yang merupakan sisa hidrasi semen, semakin banyak  $\text{SiO}_2$  semakin banyak  $\text{Ca(OH)}_2$  yang dihabiskan. Reaksi antara  $\text{SiO}_2$  dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  menghasilkan kalsium silikat hidrat (C-S-H). C-S-H hasil reaksi pozzolan ini akan mengisi rongga C-S-H yang dihasilkan hidrasi semen (C-S-H) reaksi pozzolan berbeda dengan CSH hidrasi semen karena mempunyai perbandingan Ca/Si yang lebih rendah) dan menghasilkan struktur beton yang padat. Semakin padat struktur beton akan semakin tinggi kuat desaknya.

Kuat desak beton aktual pada umur 28 hari menunjukkan bahwa beton dengan campuran *silica fume* menghasilkan kuat desak tertinggi dibanding campuran dasar dan *fly ash*. Perbedaan kuat desak yang dihasilkan beton dengan *silica fume* terhadap campuran dasar mencapai 22,28501271 %, beton dengan *fly ash* mencapai 1,55507171%(Tabel 5.4). Penggunaan *silica fume* dapat meningkatkan kuat desak yang lebih tinggi dari *fly ash* disebabkan *silica fume* mempunyai kandungan  $\text{SiO}_2$  yang lebih tinggi. Dari hasil analisa yang dilakukan di Laboratorium Kimia, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral ; Direktorat Vulkanologi menunjukkan kandungan  $\text{SiO}_2$  pada *fly ash* sebesar 56,94 % (Lampiran 13), sedangkan kandungan  $\text{SiO}_2$  pada *silica fume* secara umum minimal sebesar 92%.

### 5.2.2 Biaya

Berikut ini disajikan tabel peningkatan biaya pembuatan beton tiap  $\text{m}^3$  dengan penggunaan *silica fume* dan *fly ash* pada setiap variasi komposisinya.



Gambar 5.9

Peningkatan prosentase *silica fume* dan *fly ash* terhadap biaya

Peningkatan prosentase 2,5% *silica fume* mengakibatkan peningkatan biaya sebesar 36,31%, pada peningkatan kadar 5% terjadi peningkatan biaya 78,34 % pada peningkatan kadar 7,5% terjadi peningkatan biaya 119,72 % (Tabel 5.6).

Peningkatan prosentase 2,5 % *fly ash* mengakibatkan peningkatan biaya sebesar 8,14 %, pada peningkatan kadar 5% terjadi peningkatan biaya sebesar 15,98%, pada peningkatan kadar 7,5% terjadi peningkatan biaya 29,36%(Tabel 5.6).

Dari perbandingan biaya dua bahan tersebut biaya produksi untuk beton dengan campuran *silica fume* lebih mahal dibanding *fly ash* (Tabel 5.6 dan Gambar 5.6). Untuk beton dengan kadar *silica fume* 2,5 % biayanya 25,89 % lebih tinggi dari *fly ash*, untuk 5% biayanya lebih tinggi 53,76 %, untuk kadar 7,5 % biayanya lebih tinggi 69,858 % karena harga per kilogram *silica fume* lebih tinggi sebesar 700 %.



Dengan mempertimbangkan biaya dan kuat desak yang dicapai dengan penambahan bahan tambah-tambah *silica fume* dan *fly ash* dapat ditarik simpulan bahwa penggunaan *fly ash* pada beton mutu tinggi lebih efisien dibanding penggunaan *silica fume* karena pada setiap peningkatan kadar *fly ash* terdapat peningkatan kekuatan yang hampir sama dengan peningkatan kekuatan yang dicapai pada penambahan kadar *silica fume* (gambar 5.8), tetapi peningkatan biaya pada penggunaan *fly ash* jauh lebih rendah dengan peningkatan biaya yang ditimbulkan pada penggunaan *silica fume* (gambar 5.9).

## BAB VI

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Simpulan

Dari penelitian yang dilakukan diperoleh simpulan :

1. Beton mengalami peningkatan kekuatan sampai umur 28 hari. Kuat desak beton dengan *silica fume* mengalami laju peningkatan kekuatan yang tertinggi dibanding fly ash dan campuran dasar pada umur 7 hari kemudian menurun besar peningkatannya pada umur 14 dan 21 hari (periksa gambar 5.1, 5.2, dan 5.3)
2. Semakin tinggi penggunaan kadar *silica fume* dan *fly ash* pada campuran beton akan menghasilkan kuat desak yang semakin tinggi (sampai 7,5%)(Gambar 5.7)
3. Penggunaan *silica fume* menghasilkan kuat desak yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan *fly ash* pada campuran beton (Gambar 5.7).
4. Penggunaan *fly ash* untuk campuran beton lebih menguntungkan dibandingkan *silica fume* karena biaya produksinya jauh lebih murah dan kuat desak yang dihasilkan tidak jauh berbeda (Gambar 5.9)
5. Angka konversi yang dihasilkan dari penelitian ini lebih rendah dibanding angka konversi hasil penelitian Sapartono karena komposisi bahan yang berbeda.

## 6.2 Saran

Untuk melengkapi penelitian ini agar lebih sempurna maka disarankan :

1. Perlu dilakukan penelitian dengan uji desak beton pada umur beton yang lebih lanjut yaitu 56 dan 90 hari.
2. Perlu dilakukan pengamatan regangan beton pada pengujian kuat desak.
3. Perlu dilakukan penelitian mengenai durabilitas, permeabilitas dan ketahanan terhadap sulfat.
4. Perlu dilakukan penelitian tentang berapa besar kadar optimum penggunaan *fly ash* dan *silica fume* pada beton mutu tinggi.
5. Dari penelitian ini direkomendasikan suatu angka konversi beton mutu tinggi dengan kuat desak 50-65 MPa (Gambar 5.7 dan Tabel 5.8).

## DAFTAR PUSTAKA

1. ACI Committee Report 212.1-91, 1991, Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavy Weight, and Mass Concrete.
2. ACI Committee Report 212.3R-91, 1991, Chemical Admixture For Concrete.
3. ACI Committee Report 234.R-96, 1996, Guide for Use of Silica Fume in Concrete,
4. ACI Committee 226, 1987, Silica Fume In Concrete, ACI Material Journal, Vol-84 No.2 March-April, p.158-166.
5. Dicky Reza <sup>MURAF DR.</sup>adi, dkk, 1991, Interpretasi Pengaruh Besaran Mekanik Dalam Beton Mutu Tinggi, Jurnal Teknik Sipil ITB, hal.158-166.
6. Harold N. Atkins, 1997, Soil, Highway Material and Concrete.
7. Jaime Moreno, 1998, High Performance Concrete : Economic Consideration, Concrete International, March, p.68-70.
8. Kardiyono Cokrodimulyo, 1995, TEKNOLOGI BETON, Buku Ajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
9. Khayat, K.H, Vachon, M, and Lantott, M.C, 1997, Use of Blended Silica Fume in Commercial Mixer, ACI Material Journal, May-June, p.183-191.
10. Mangat, P.S and Khatib, J.M, 1995, Influence of Fly ash, Silica Fume, and Slag on Sulphate Resistance of Concrete, ACI Material Journal, Sep-Oct, p.542-552.
11. Murdock, L.J, Brook, K.M, 1986, Bahan dan Praktek Beton, Penerbit Erlangga, Jakarta.
12. Nyoman Parka, Rancangan Campuran Beton Untuk Kubah Mesjid Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, Makalah Diskusi Teknologi Beton di FTSP.
13. Odd E.GjØrv, 1995, Effect Condensed Silica Fume on Steel Corrosion in Concrete, ACI Material Journal, November-December, p.591-587.
14. Report of a Concrete Society Working Party, 1993, Microsilica in Concrete, Technical Report No. 41.

15. Sapariono, FX, Beton Mutu Berkinerja Tinggi Keunggulan dan Permasalahannya, Makalah dalam Seminar HAKI , 25 Agustus 1998.
16. Sapariono, FX, 1995, Kekedapan Beton Mutu Tinggi dengan Campuran Mikrosilika, Konstruksi, Desember, h.32-34.
17. Suwandojo Siddiq, Perencanaan Campuran Beton Mutu & Beton Berpenampilan Tinggi untuk Struktur-Bangunan Gedung Bertingkat Tinggi, Makalah Diskusi Teknologi Beton di FTSP UII YK, 27 Januari 2000.
18. Popivic, Sandor, 1998, Strength and Related Properties of Concrete : A Quantitative Approach, Drexes University.



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

TA 3. hl  
Program 1 hf.  
Murs

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
	ARIYANTO WIRAWO	94 310 046		TSS.
	ANTON PRONATI	94 310 048		TSS.

JUDUL TUGAS AKHIR :  
STUDI KOMPARASI PENGELOMPOKAN REFINER TINGGI  
DENGAN BAHAN ADUKAN FLY ASH DAN SILICA FUME DITAMBAH  
DAN...  
STUDI KOMPARASI PENGELOMPOKAN FLY ASH DAN SILICA FUME  
PADA BETON MUHU TINGGI

Dosen Pembimbing I :  
Dosen Pembimbing II :

1



2



Yogyakarta, 01 April 2000  
Dekan,  
Fakultas Teknik Sipil

DR. HJ. ANHARUL KARIM, MS



## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

### DATA PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : \_\_\_\_\_  
 Nama Benda uji : \_\_\_\_\_  
 Asal : Turgo (neraoli)  
 Keperluan : Tugas Akhir

Diperiksa oleh :  
 1) Arif SW 94-046  
 2) Anton T 94-048

Tanggal : \_\_\_\_\_

## ALAT - ALAT :

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

LUBANG AYAKAN ( mm )	BERAT TERTINGGAL ( gram )		BERAT TERTINGGAL ( % )		BERAT TERTINGGAL KUMULATIF	
	I	II	I	II	I	II
PERCOBAAN KE :						
40						
20						
10						
4.80	15	21	0,75	1,05	0,75	1,05
2.40	162	167	8,1	8,37	8,85	9,42
1.20	502	502	25,1	25,15	33,95	34,57
0.60	677	688	33,85	34,47	67,8	69,04
0.30	414	400	20,7	20,04	88,5	89,08
0.15	189	181	9,45	9,07	97,95	98,15
SISA	41	37	2,05	1,85	---	---
Jumlah	2000	1996	100	100	297,8	301,31
Jumlah rata-rata					299,56	

Modulus Halus Butir (MHB) \_\_\_\_\_

100  
 LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII


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

Jenis Benda Uji : \_\_\_\_\_  
 Nama Benda uji : \_\_\_\_\_  
 Asal : Turgo (Merapi)  
 Keperluan : Tugas Akhir

Diperiksa oleh :  
 1) Arif SW 94-46  
 2) Anton T 94-48

Tanggal : \_\_\_\_\_

**ALAT - ALAT**

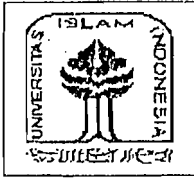
1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat ( W )	... 500 ... Gram	... 500 .. Gram
Gelas ukur + Air ( V1 )	... 500 ... Cc	... 500 .. Cc
Gelas ukur + Air + Agregat ( V2 )	... 705 ... Cc	... 700 .. Cc
BERAT JENIS ( BJ )		
$\frac{W}{V2 - v1}$	... 2,43 ..	... 2,5 ..
BERAT JENIS ( BJ ) RATA-RATA		... 2,465

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

**LABORATORIUM**  
**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK UII**





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

**DATA PEMERIKSAAN**  
**KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR**

Jenis Benda Uji : \_\_\_\_\_  
 Nama Benda uji : \_\_\_\_\_  
 Asal : Turgo, Merapi  
 Keperluan : Tugas Akhir

Diperiksa oleh :  
 1) Arif SW 94-046  
 2) Anton T 94-043

Tanggal : \_\_\_\_\_

**ALAT – ALAT**

1. Timbangan Kapasitas 2610 gram
2. Oven
3. Gelas ukur Volume 100 cc
4. Stop wacth
5. Piring., gayuh
6. Sendok, lap, torong, penggaris
7. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat piring kosong (W1)	149... gram	149.... gram
Berat piring + pasir kering oven (W2)	643... gram	653.... gram
Berat pasir kering oven (W <sub>ko1</sub> ) (W2 - W1.)	500 gram.	500 gram.
Pasir kering oven setelah dicuci (W <sub>ko2</sub> )	643,5 gram	643 gram
Kandungan lumpur $\frac{W_{ko1} - W_{ko2}}{W_{ko1}} \times 100 \%$	0,1... %	0,4... %
Kandungan Lumpur Rata -- rata	0,25 %	

Yogyakarta,

**LABORATORIUM**  
**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL**



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN  
 BERAT VOLUME AGREGAT HALUS KASAR

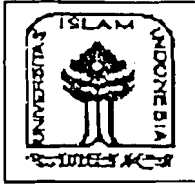
Jenis Benda Uji : \_\_\_\_\_  
 Nama Benda uji : \_\_\_\_\_  
 Asal : Clereng, K. Progo  
 Keperluan : Tugas Akhir  
 Diperiksa oleh :  
 1) Arif SW 94-046  
 2) Anton T 94-048  
 Tanggal : \_\_\_\_\_

ALAT - ALAT

1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan silinder (Ø15 x t 30) cm
3. Tongkat penumbuk Ø 16 mm panjang 60 cm
4. Serok /cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	..5,475 Kg	..5,475 Kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	..13,552 Kg	..13,515 Kg
Volume silinder (V) $\frac{1}{4} \pi d^2 t$	..5,310 M <sup>3</sup>	5,310 M <sup>3</sup>
Berat Volume Agregat $\frac{W2 - W1}{V}$	1,525	1,516
Berat Volume Agregat Rata - rata	..1,521	

Yogyakarta  
 LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
 DAN PERENCANAAN



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**DATA PEMERIKSAAN  
BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

Jenis Benda Uji : \_\_\_\_\_  
 Nama Benda uji : \_\_\_\_\_  
 Asal : Clereng, K Progo  
 Keperluan : Tugas Akhir

Diperiksa oleh :  
 1) Arif SW 94-046  
 2) Anton T 94-043

Tanggal : \_\_\_\_\_

**ALAT - ALAT**

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

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat ( W )	500..... Gram	500.... Gram
Gelas ukur + Air ( V1 )	500.... Cc	500.. Cc
Gelas ukur + Air + Agregat ( V2 )	690.... Cc	690.. Cc
BERAT JENIS ( BJ ) = $\frac{W}{V2 - v1}$	2,63	2,63.....
BERAT JENIS ( BJ ) RATA-RATA	2,63...	

Yogyakarta,

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL

LAMPIRAN 6

CAMPURAN DASAR UMUR 7 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	152.3	302.2	13.163	650000	18217.538	35.67990345
2	148.3	300.6	13.82	625000	17273.175	36.18327191
3	150.7	301.5	13.59	690000	17836.777	38.68411865
4	150.5	303.7	13.184	655000	17789.465	36.81954528
5	150.9	300.4	12.945	665000	17884.152	37.18375854

CAMPURAN DASAR UMUR 14 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150	300	12.88	775000	17671.459	43.85602895
2	151.1	305.5	13.335	765000	17931.59	42.66213906
3	150.35	300	13.03	790000	17754.022	44.49696058
4	151.6	299.4	13.206	815000	18050.46	45.15120306
5	150.5	298.4	13.092	820000	17789.465	46.0946979

CAMPURAN DASAR UMUR 21 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.2	300	13.16	830000	17718.614	46.84339331
2	149.5	300.6	13.05	850000	17553.845	48.42243902
3	149.5	298	13.11	895000	17553.845	50.98597991
4	152	305	13.755	895000	18145.839	49.32260204
5	150.5	303.5	13.394	930000	17789.465	52.27813299

CAMPURAN DASAR UMUR 28 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.5	301.35	13.175	930000	17789.465	52.27813299
2	151.6	302	13.645	940000	18050.46	52.07623433
3	150.3	302.25	13.225	945000	17742.215	53.26279558
4	151	303.75	13.515	975000	17907.863	54.44533397
5	151.3	302.245	13.125	1035000	17979.091	57.60868658

BRHARJATI LABORATORIUM  
 FAKULTAS TEKNIK UIN

LAMPIRAN 7

C + FLY ASH 2.5 % UMUR 7 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.2	300.11	13.116	675000	17718.6139	38.0955307
2	150	301.75	12.965	680000	17671.4586	38.48012863
3	151.2	297.45	13.167	710000	17955.3329	39.54256953
4	151.1	301.5	13.113	690000	17931.5903	38.47957641
5	150.9	300.25	13.18	670000	17884.1523	37.46333568

C + FLY ASH 2.5 % UMUR 14 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.7	300.15	13.198	750000	17836.7771	42.04795505
2	149.9	299.15	13.197	730000	17647.9045	41.36468438
3	151.4	300.9	12.897	790000	18002.8652	43.88190385
4	150.25	301.1	12.945	710000	17730.4125	40.0441895
5	150.9	305.25	13.372	770000	17884.1523	43.05487832

C + FLY ASH 2.5 % UMUR 21 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	149.15	301.6	13.37	810000	17471.7495	46.36055474
2	150.25	301.55	13.22	790000	17730.4125	44.55621085
3	150.75	302	13.1	830000	17848.615	46.50220767
4	150	305	13.14	800000	17671.4586	45.27073956
5	148.25	300	13.265	770000	17261.5298	44.6078654

C + FLY ASH 2.5 % UMUR 28 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.2	292.5	13.824	1000000	17718.6139	56.43782326
2	150.4	302.25	13.225	980000	17765.832	55.16206602
3	151.45	302.5	13.795	985000	18014.7581	54.67739253
4	150	305	13.275	1050000	17671.4586	59.41784568
5	150	302.5	13.105	990000	17671.4586	56.02254021

LAB. TEKNIK BANGUNAN  
 FAKULTAS TEKNIK  
 11

LAMPIRAN 8

C + FLY ASH 5 % UMUR 7 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	151.1	302.35	13.448	780000	17931.5903	43.49865159
2	149	299.75	12.998	815000	17436.6246	46.74069787
3	151	300	13.11	730000	17907.8634	40.76421524
4	151.8	302.75	13.402	810000	18098.1183	44.75603412
5	151	299.75	12.59	820000	17907.8634	45.78994041

C + FLY ASH 5 % UMUR 14 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150	301	12.85	860000	17671.4586	48.66604503
2	148.5	302.2	13.1	840000	17319.7966	48.4994149
3	150.2	302	13.05	850000	17718.6139	47.97214977
4	149.3	302	12.95	860000	17506.9098	49.12346087
5	150.8	301.2	13.05	845000	17860.4568	47.31121991

C + FLY ASH 5 % UMUR 21 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.55	300	13.18	1000000	17801.2869	56.17571397
2	151	302.25	13.53	980000	17907.8634	54.72456292
3	149.4	301.45	13.45	990000	17530.3697	56.47342403
4	150.1	299.1	13.27	970000	17695.0284	54.81765715
5	150.5	302.25	13.22	955000	17789.4647	53.68345914

C + FLY ASH 5 % UMUR 28 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.5	301	13.35	1080000	17789.4647	60.71008992
2	150.6	302.4	13.33	1120000	17813.113	62.87502916
3	150.1	301	13.185	1150000	17695.0284	64.9900059
4	150.1	300.4	12.99	1145000	17695.0284	64.70744065
5	152.2	302	13.111	1120000	18193.6227	61.5600322

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI  
 FAKULTAS TEKNIK

LAMPIRAN 9

C + 7.5% FLY ASH UMUR 7 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	149.15	301	13.38	750000	17471.7495	42.92643957
2	150.5	297.5	13.03	795000	17789.4647	44.68937175
3	151.25	299.55	13.08	800000	17967.2101	44.52555493
4	151	299.35	13.152	765000	17907.8634	42.71866392
5	150.2	300.75	13.22	745000	17718.6139	42.04617833

C + 7.5% FLY ASH UMUR 14 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	149.1	301.5	13.175	875000	17460.0373	50.11444057
2	150	297.2	13.075	860000	17671.4586	48.66604503
3	149	302.5	13.204	865000	17436.6246	49.60822535
4	150.02	303.15	13.225	880000	17676.1713	49.78453676
5	150.05	302.75	13.185	890000	17683.2415	50.33013875

C + 7.5% FLY ASH UMUR 21 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	151.7	304.75	13	1060000	18074.2815	58.64686805
2	150.5	302	12.99	980000	17789.4647	55.0887853
3	151	302.25	13.01	1015000	17907.8634	56.6790116
4	150	300	13.1	1070000	17671.4586	60.54961417
5	151.5	307	13.05	1050000	18026.6549	58.24707938

C + 7.5% FLY ASH UMUR 28 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	151.45	298.55	13.06	1160000	18014.7581	64.39165009
2	150.5	301.55	13.145	1170000	17789.4647	65.76926408
3	152.2	300.2	13.075	1140000	18193.6227	62.65931849
4	151.1	300.55	13.075	1135000	17931.5903	63.29611482
5	150.35	301.8	13.095	1115000	17754.0216	62.8026722

**LABORATORIUM**  
**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK**

LAMPIRAN 10

C + 2.5% SILICA FUME UMUR 7 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.4	303.45	12.955	730000	17765.832	41.0901104
2	149	302	13.215	760000	17436.6246	43.58641765
3	151.1	300.5	13.06	765000	17931.5903	42.66213906
4	150.25	299.85	13.2	845000	17730.4125	47.65822553
5	151.5	300	13.025	720000	18026.6549	39.94085443

C + 2.5% SILICA FUME UMUR 14 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	149	300.5	13.106	730000	17436.6246	41.86590116
2	150.5	301.2	13.054	845000	17789.4647	47.50002406
3	149.65	302.75	13.432	825000	17589.088	46.90408052
4	150.1	301.85	13.165	760000	17695.0284	42.94991694
5	150	300	13.292	815000	17671.4586	46.11956593

C + 2.5% SILICA FUME UMUR 21 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150	30.245	13.193	930000	17671.4586	52.62723474
2	151.4	29.85	13.26	980000	18002.8652	54.43577946
3	150.1	302	13.15	905000	17695.0284	51.14430899
4	149.3	301.6	13.283	885000	17506.9098	50.55146845
5	150.5	298.4	13.235	910000	17789.4647	51.15387206

C + 2.5% SILICA FUME UMUR 28 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.4	300.5	12.943	1100000	17765.832	51.91660471
2	149	299	13.005	1100000	17436.6246	63.08560449
3	150.1	300.5	13.23	1040000	17695.0284	58.77357055
4	150.25	301.8	13.15	1120000	17730.4125	63.16829893
5	151.5	298.5	12.997	1000000	18026.6549	55.47340894

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UJ



LAMPIRAN 11

C + 5 % SILICA FUME UMUR 7 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.9	299.75	12.91	810000	17884.1523	45.29149537
2	150.8	299.75	12.729	810000	17860.4568	45.35158358
3	150.5	302	13.125	835000	17789.4647	46.9378936
4	159	302.45	13.01	895000	19855.6509	45.0753292
5	151	302.25	12.98	770000	17907.8634	42.99787087

C + 5 % SILICA FUME UMUR 14 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.6	300	12.995	895000	17813.113	50.24388491
2	150.4	300.25	13.05	885000	17765.832	49.81472288
3	150.1	305	13.1	900000	17695.0284	50.86174375
4	149.7	301.55	13.2	890000	17600.8435	50.56575854
5	150.2	301	12.88	890000	17718.6139	50.2296627

C + 5 % SILICA FUME UMUR 21 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.1	301.5	13.089	1050000	17695.0284	59.33870104
2	149	302	13.242	980000	17436.6246	56.20353855
3	150.9	302.4	13.085	985000	17884.1523	55.07669499
4	150.2	302.65	13.296	1000000	17718.6139	56.43782326
5	150.05	301.15	13.155	995000	17683.2415	56.2679641

C + 5 % SILICA FUME UMUR 28 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	149	304.3	13.31	1130000	17436.6246	64.80612098
2	150.45	302	13.233	1160000	17777.6464	65.25048222
3	150.42	301	12.815	1130000	17770.5573	63.58832647
4	150.2	301	12.93	1145000	17718.6139	64.62130763
5	150.75	300.5	13.11	1140000	17848.615	63.8705021

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII

LAMPIRAN 12

C + 7.5% SILICA FUME UMUR 7 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.5	301.65	13.13	860000	17789.4647	48.34321975
2	148.75	309.5	12.78	695000	17378.1615	39.99272311
3	151.2	304.5	13.181	810000	17955.3329	45.11194552
4	150	301	13.02	755000	17671.4586	42.72426046
5	150.5	300.55	12.785	800000	17789.4647	44.97043698

C + 7.5% SILICA FUME UMUR 14 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.7	302.5	13	935000	17836.7771	52.41978396
2	151.3	303	12.955	900000	17979.0912	50.05814753
3	151.5	301	12.85	885000	18026.6549	49.09396691
4	150.6	301.25	13.1	885000	17813.113	49.68250072
5	149.1	300	13.35	910000	17460.0373	52.11901819

C + 7.5% SILICA FUME UMUR 21 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.5	301.6	12.86	995000	17789.4647	55.93198099
2	150	301	13.13	1040000	17671.4586	58.85196143
3	149.7	301.45	12.84	990000	17600.8435	56.24730444
4	150	297	12.822	1010000	17671.4586	57.1543087
5	150.2	302	13.095	1035000	17718.6139	58.41314707

C + 7.5% SILICA FUME UMUR 28 HARI

NO	DIAMETER (mm)	TINGGI (mm)	BERAT (kg)	BEBAN (N)	LUAS (mm <sup>2</sup> )	TEGANGAN (Mpa)
1	150.35	307	13.04	1140000	17754.0216	64.21080387
2	150.75	300.7	12.97	1200000	17848.615	67.23210747
3	151.55	298	13.05	1200000	18038.5557	66.52417313
4	148.3	301.7	12.9	1085000	17273.1753	62.81416003
5	148.45	300.4	13	1092000	17308.1354	63.09171822

LABORATORIUM  
BANGUNAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UJI

DIREKTORAT JENDERAL GEOLOGI DAN SUMBERDAYA MINERAL  
DIREKTORAT VULKANOLOGI  
BALAI PENYELIDIKAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KEGUNUNGAPAN  
Jl. Cendana No.15 Telp.(0274)514180-514192, Fax.563630 Yogyakarta 55166

LABORATORIUM KIMIA

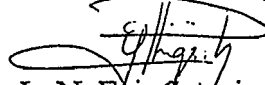
Bentuk Conto : Padat/Fly Ash  
Pengirim Conto : Anton / UII  
Asal Conto : Suralaya  
No. Analisa : 05/10/LK/2000

- HASIL ANALISIS KIMIA  
(Dalam satuan % berat)

Unsur	Fly Ash
SiO <sub>2</sub>	56,94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,48
Na <sub>2</sub> O	1,83
SO <sub>3</sub>	3,55

Yogyakarta, 18 Mei 2000

Lab. Geokimia,



Ir. N. Euis Sutaningsih

NIP 100010995

LAMPIRAN 14

Perhitungan kuat desak beton dengan campuran 2,5% *silica fume*

benda uji	P	A	P/A	jumlah rata/rata	angka konversi
7-2,5SF1	730000	17765,83204	41,0901104	$\Sigma f_{ci}=214,93774707$  $f_{cr} = 42,98754594$	0,7107318719 $\cong 0,71$
7-2,5SF2	760000	17436,62455	43,58641765		
7-2,5SF3	765000	17931,59032	42,66213906		
7-2,5SF4	845000	17730,41255	47,65822553		
7-2,5SF5	720000	18026,65492	39,94085443		
14-2,5SF1	730000	17436,62455	41,86590116	$\Sigma f_{ci}=225,33948861$  $f_{cr}= 45,06789772$	0,7451271763 $\cong 0,74$
14-2,5SF2	845000	17789,46467	47,50002406		
14-2,5SF3	825000	17589,088	46,90408052		
14-2,5SF4	760000	17695,0284	42,94991694		
14-2,5SF5	815000	17671,4586	46,11956593		
21-2,5SF1	930000	17671,4586	52,62723474	$\Sigma f_{ci}=259,9126637$  $f_{cr}= 51,98253274$	0,8594498478 $\cong 0,86$
21-2,5SF2	980000	18002,86521	54,43577946		
21-2,5SF3	905000	17695,0284	51,14430899		
21-2,5SF4	885000	17506,90983	50,55146845		
21-2,5SF5	910000	17789,46467	51,15387206		
28-2,5SF1	1100000	17765,83204	61,91660471	$\Sigma f_{ci}=302,41748762$  $f_{cr}= 60,48349752$	1
28-2,5SF2	1100000	17436,62455	63,08560449		
28-2,5SF3	1040000	17695,0284	58,77357055		
28-2,5SF4	1120000	17730,41255	63,16829893		
28-2,5SF5	1000000	18026,65492	55,47340894		

Kuat desak beton pada umur 28 hari

Benda uji	f <sub>ci</sub> (MPa)	angka konversi	kuat desak umur 28 hari	(f' <sub>ci</sub> - f' <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>
7-2,5SF1	41,0901104	0,7107318719 ≅ 0,71	57,81380015	7,12728405
7-2,5SF2	43,58641765		61,32610535	0,709987948
7-2,5SF3	42,66213906		60,02564504	0,209628893
7-2,5SF4	47,65822553		67,0551405	43,1864915
7-2,5SF5	39,94085443		56,19679659	18,46634373
14-2,5SF1	41,86590116	0,7451271763 ≅ 0,74	56,18624913	18,46634373
14-2,5SF2	47,50002406		63,74753944	10,65396966
14-2,5SF3	46,90408052		62,94775175	6,072548923
14-2,5SF4	42,94991694		57,64105552	8,079476504
14-2,5SF5	46,11956593		61,64105552	8,079476504
21-2,5SF1	52,62723474	0,8594498478 ≅ 0,86	61,23363088	0,56270006
21-2,5SF2	54,43577946		63,337936	8,147819021
21-2,5SF3	51,14430899		59,50819483	0,951215342
21-2,5SF4	50,55146845		58,8184041	2,772536112
21-2,5SF5	51,15387206		59,5193218	0,929634819
28-2,5SF1	61,91660471	1	61,91660471	2,053796227
28-2,5SF2	63,08560449		63,08560449	6,7709608
28-2,5SF3	58,77357055		58,77357055	2,923850239
28-2,5SF4	63,16829893		63,16829893	7,208158589
28-2,5SF5	55,47340894		55,47340894	25,10098762
Σ f <sub>cr</sub>			1209,66995	172,2952285
			60,48349752	

Standar deviasi dicari dengan rumus :  $s = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}}$

Maka nilai deviasi standar (s) =  $\sqrt{\frac{172,295228}{20-1}} = 3,01134022$  MPa.

▪  $f_{cr} = f_c + (1,64 \times s)$

$f_c = f_{cr} - (1,64 \times s)$

$f_c = 60,48349752 - (1,64 \times 3,01134022)$

$f_c = 60,48349752 - (4,938597961) = 55,54489956$  MPa > 55 MPa.

Perhitungan rata-rata benda uji

Benda Uji	f <sub>c</sub> (Mpa)	Rata-rata 2 benda uji berurutan (Mpa)	Rata-rata 3 benda uji berurutan (Mpa)	Rata-rata 4 benda uji berurutan (Mpa)
7-2,5SF1	57.813800	59.56995275		
7-2,5SF2	61.326105			
7-2,5SF3	60.025645	63.54039277	59.72185018	
7-2,5SF4	67.055141		62.80229696	61.55517276
7-2,5SF5	56.196797		61.09252738	61.15092187
14-2,5SF1	56.186249	56.19152286	59.81272874	59.86595782
14-2,5SF2	63.747539	63.34764560	58.71019505	60.79643142
14-2,5SF3	62.947752		60.96051344	59.76958423
14-2,5SF4	57.641056	59.64105552	61.44544890	60.13064896
14-2,5SF5	61.641056		60.74328760	61.49435056
21-2,5SF1	61.233631	62.28578344	60.17191397	60.86587342
21-2,5SF2	63.337936		62.07087413	60.96341948
21-2,5SF3	59.508195		61.35992057	61.43020431
21-2,5SF4	58.818404	59.16329947	60.55484498	60.72454145
21-2,5SF5	59.519322		59.28197358	60.29596418
28-2,5SF1	61.916605	60.71796326	60.08477687	59.94063136
28-2,5SF2	63.085604	60.92958752	61.50717700	60.83498378
28-2,5SF3	58.773571		61.25859325	60.82377539
28-2,5SF4	63.168299		61.67582466	61.73601967
28-2,5SF5	55.473409	59.32085394	59.13842614	60.12522073

- Nilai rata-rata dua benda uji yang berurutan > f<sub>c</sub>- 500 psi atau 55 - 3,5525 = 51,5525 MPa.
- Nilai rata-rata 3 benda uji (diambil yang terkecil ) = 58,71019505 Mpa > f<sub>c</sub> ( 55 Mpa)
- Nilai rata-rata 4 benda uji (diambil yang terkecil) = 59,76958423 Mpa > (55 + 0,82 . 3,01134022) = 57,46929898 Mpa

LAMPIRAN 15

Perhitungan kuat desak beton dengan campuran 5% *silica fume*

benda uji	P	A	P/A	jumlah rata-rata	angka konversi
7-SSF1	810000	17884,15228	45,29149537	$\Sigma f_{ci} = 225,65417262$  $f_{cr} = 45,13083452$	$0,7004918875$ $\cong 0,7$
7-SSF2	810000	17860,45681	45,35158358		
7-SSF3	835000	17789,46467	46,9378936		
7-SSF4	895000	19855,65088	45,0753292		
7-SSF5	770000	17907,86345	42,99787087		
14-SSF1	895000	17813,11301	50,24388491	$\Sigma f_{ci} = 251,71577278$  $f_{cr} = 50,34315455$	$0,7813941782$ $\cong 0,78$
14-SSF2	885000	17765,83204	49,81472288		
14-SSF3	900000	17695,0284	50,86174375		
14-SSF4	890000	17600,84345	50,56575854		
14-SSF5	890000	17718,61391	50,2296627		
21-SSF1	1050000	17695,0284	59,33870104	$\Sigma f_{ci} = 283,32472194$  $f_{cr} = 56,66494439$	$0,8795169482$ $\cong 0,88$
21-SSF2	980000	17436,62455	56,20353855		
21-SSF3	985000	17884,15228	55,07669499		
21-SSF4	1000000	17718,61391	56,43782326		
21-SSF5	995000	17683,24154	56,2679641		
28-SSF1	1130000	17436,62455	64,80612098	$\Sigma f_{ci} = 322,1367394$  $f_{cr} = 64,42734788$	<p>1</p>
28-SSF2	1160000	17777,64639	65,25048222		
28-SSF3	1130000	17770,55731	63,58832647		
28-SSF4	1145000	17718,61391	64,62130763		
28-SSF5	1140000	17848,61497	63,8705021		

Kuat desak beton pada umur 28 hari :

A (mm <sup>2</sup> )	f <sub>ci</sub> (MPa)	angka konversi	kuat desak umur 28 hari	(f' <sub>ci</sub> - f' <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>
7-5SF1	45,29149537	0,7004918875 ≅ 0,7	64,65670221	0,052603411
7-5SF2	45,35158358		64,74248224	0,99309665
7-5SF3	46,9378936		67,0070481	6,654853234
7-5SF4	45,0753292		64,34811024	0,006278603
7-5SF5	42,99787087		61,38239663	9,27172837
14-5SF1	50,24388491	0,7813941782 ≅ 0,78	64,30030618	0,016139593
14-5SF2	49,81472288		63,75108015	0,457338043
14-5SF3	50,86174375		65,09101957	0,44060114
14-5SF4	50,56575854		64,71222841	0,81156915
14-5SF5	50,2296627		64,28210512	0,0210546
21-5SF1	59,33870104	0,8795169482 ≅ 0,88	67,46737645	9,241773684
21-5SF2	56,20353855		63,90273508	0,275218585
21-5SF3	55,07669499		62,62152776	3,260986312
21-5SF4	56,43782326		64,16911394	0,06668477
21-5SF5	56,2679641		63,97598616	0,203727405
28-5SF1	64,80612098	1	64,80612098	0,143469058
28-5SF2	65,25048222		65,25048222	0,667550142
28-5SF3	63,58832647		63,58832647	0,70395692
28-5SF4	64,62130763		64,62130763	0,037620385
28-5SF5	63,8705021		63,8705021	0,310077228
Σ			1288,546958	32,02202767
f <sub>cr</sub>			64,42724788	

Standar deviasi dicari dengan rumus :  $s = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}}$

Maka nilai deviasi standar (s) =  $\sqrt{\frac{32,02202767}{20-1}} = 1,298217962$  MPa.

▪  $f'_{cr} = f_c + (1,64 \times s)$

$f_c = f'_{cr} - (1,64 \times s)$

$f_c = 64,42724788 - (1,64 \times 1,298217962)$

$f_c = 64,42724788 - (2,129077458) = 62,29817042$  MPa > 55 MPa.

5



Perhitungan rata-rata benda uji

Benda Uji	fci (Mpa)	Rata-rata 2 benda uji berurutan (Mpa)	Rata-rata 3 benda uji berurutan (Mpa)	Rata-rata 4 benda uji berurutan (Mpa)
7-SSF1	64.656702			
7-SSF2	64.742482	64.69959223		
7-SSF3	67.007048		65.46874418	
7-SSF4	64.348110	65.67757917	65.36588019	65.18858570
7-SSF5	61.382397		64.24585166	64.37000930
14-SSF1	64.300306	62.84135141	63.34360435	64.25946529
14-SSF2	63.751080		63.14459432	63.44547330
14-SSF3	65.091020	64.42104986	64.38080197	63.63120063
14-SSF4	64.712228		64.51810938	64.46365858
14-SSF5	64.282105	64.49716677	64.69511770	64.45910831
21-SSF1	67.467376		65.48723666	65.38818239
21-SSF2	63.902735	65.68505577	65.21740555	65.09111127
21-SSF3	62.621528		64.66387976	64.56843610
21-SSF4	64.169114	63.39532085	63.56445893	64.54018831
21-SSF5	63.975986		63.58887595	63.66734074
28-SSF1	64.806121	64.39105357	64.31707369	63.89318721
28-SSF2	65.250482		64.67752979	64.55042583
28-SSF3	63.588326	64.41940435	64.54830989	64.40522896
28-SSF4	64.621308		64.48670544	64.56655933
28-SSF5	63.870502	64.24590487	64.02671207	64.33265461

- Nilai rata-rata dua benda uji yang berurutan  $> f_c - 500$  psi atau  $55 - 3,5525 = 51,5525$  MPa.
- Nilai rata-rata 3 benda uji (diambil yang terkecil) =  $63,14459432$  Mpa  $> f_c$  ( $55$  Mpa)
- Nilai rata-rata 4 benda uji (diambil yang terkecil) =  $64.37000930$  Mpa  $> (55 + 0,82 \cdot 1,298217962) = 56,06453873$  Mpa

LAMPIRAN 16

Perhitungan kuat desak beton dengan campuran 7,5% *silica fume*

benda uji	P	A	P/A	jumlah rata-rata	angka konversi
7-7,5SF1	860000	17789,46467	48,34321975	$\Sigma f_{ci}=221,14258582$ $f_{cr} = 44,22851716$	0,682806567 $\cong 0,68$
7-7,5SF2	695000	17378,16147	39,99272311		
7-7,5SF3	810000	17955,33291	45,11194552		
7-7,5SF4	755000	17671,4586	42,72426046		
7-7,5SF5	800000	17789,46467	44,97043698		
14-7,5SF1	935000	17836,77706	52,41978396	$\Sigma f_{ci}=253,37341731$ $f_{cr}= 50,67468346$	0,7823234616 $\cong 0,78$
14-7,5SF2	900000	17979,09121	50,05814753		
14-7,5SF3	885000	18026,65492	49,09396691		
14-7,5SF4	885000	17813,11301	49,68250072		
14-7,5SF5	910000	17460,03727	52,11901819		
21-7,5SF1	995000	17789,46467	55,93198099	$\Sigma f_{ci}=286,59870263$ $f_{cr}=57,31974053$	0,8849108622 $\cong 0,88$
21-7,5SF2	1040000	17671,4586	58,85196143		
21-7,5SF3	990000	17600,84345	56,24730444		
21-7,5SF4	1010000	17671,4586	57,1543087		
21-7,5SF5	1035000	17718,61391	58,41314707		
28-7,5SF1	1140000	17754,02162	64,21080387	$\Sigma f_{ci}=323,87296272$	
28-7,5SF2	1200000	17848,61497	67,23210747		
28-7,5SF3	1200000	18038,55566	66,52417313	$f_{cr}=64,77459254$	1
28-7,5SF4	1085000	17273,17534	62,81416003		
28-7,5SF5	1092000	17308,13537	63,09171822		

Kuat desak umur 28 hari

A (mm <sup>2</sup> )	f <sub>ci</sub> (MPa)	angka konversi	kuat desak umur 28 hari	(f' <sub>ci</sub> - f' <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>
7-7,5SF1	48,34321975	0,682806567 ≅ 0,68	70,80075396	36,31462149
7-7,5SF2	39,99272311		58,5710874	38,48347608
7-7,5SF3	45,11194552		66,0684119	1,673965838
7-7,5SF4	42,72426046		62,571543	4,85342795
7-7,5SF5	44,97043698		65,86116648	1,18064292
14-7,5SF1	52,41978396	0,7823234616 ≅ 0,78	67,00525618	4,975860285
14-7,5SF2	50,05814753		63,9865094	0,621075036
14-7,5SF3	49,09396691		62,75405164	4,082585532
14-7,5SF4	49,68250072		63,50634125	1,608461346
14-7,5SF5	52,11901819		66,62080424	3,408497641
21-7,5SF1	55,93198099	0,8849108622 ≅ 0,88	63,20634471	2,459401247
21-7,5SF2	58,85196143		66,50608999	2,998083248
21-7,5SF3	56,24730444		63,56267828	1,468736168
21-7,5SF4	57,1543087		64,58764509	0,03494935
21-7,5SF5	58,41314707		66,01020461	1,526737191
28-7,5SF1	64,21080387	1	64,21080387	0,317857666
28-7,5SF2	67,23210747		67,23210747	6,039379626
28-7,5SF3	66,52417313		66,52417313	3,061032246
28-7,5SF4	62,81416003		62,81416003	3,843295621
28-7,5SF5	63,09171822		63,09171822	2,832065972
		Σ	1295,491851	121,7841547
		f <sub>cr</sub>	64,77459254	

Standar deviasi dicari dengan rumus :  $s = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}}$

Maka nilai deviasi standar (s) =  $\sqrt{\frac{121,7841547}{20-1}} = 2,531737023$  MPa.

▪  $f_{cr} = f_c + (1,64 \times s)$

$f_c = f_{cr} - (1,64 \times s)$

$f_c = 64,77459254 - (1,64 \times 2,531737023)$

$f_c = 64,77459254 - (4,152048718) = 60,62254382$  MPa > 55 MPa.

Perhitungan rata-rata benda uji

Benda Uji	f'ci (Mpa)	Rata-rata 2 benda uji berurutan (Mpa)	Rata-rata 3 benda uji berurutan (Mpa)	Rata-rata 4 benda uji berurutan (Mpa)
7-7,5SF1	70.800754			
7-7,5SF2	58.571087	64.68592068		
7-7,5SF3	66.068412		65.14675109	
7-7,5SF4	62.571543	64.31997745	62.40368077	64.50294907
7-7,5SF5	65.861166		64.83370713	63.26805220
14-7,5SF1	67.005256	66.43321133	65.14598855	65.37659439
14-7,5SF2	63.986509		65.61764402	64.85611877
14-7,5SF3	62.754052	63.37028052	64.58193907	64.90174593
14-7,5SF4	63.506341		63.41563410	64.31303962
14-7,5SF5	66.620804	65.06357275	64.29373238	64.21692663
21-7,5SF1	63.206345		64.44449673	64.02188546
21-7,5SF2	66.506090	64.85621735	65.44441298	64.95989505
21-7,5SF3	63.562678		64.42503766	64.97397931
21-7,5SF4	64.587645	64.07516169	64.88547112	64.46568952
21-7,5SF5	66.010205		64.72017599	65.16665449
28-7,5SF1	64.210804	65.11050424	64.93621786	64.59283296
28-7,5SF2	67.232107		65.81770532	65.51019026
28-7,5SF3	66.524173	66.87814030	65.98902816	65.99432227
28-7,5SF4	62.814160		65.52348021	65.19531113
28-7,5SF5	63.091718	62.95293913	64.14335046	64.91553971

- Nilai rata-rata dua benda uji yang berurutan  $> f'c - 500 \text{ psi}$  atau  $55 - 3,5525 = 51,5525 \text{ MPa}$ .
- Nilai rata-rata 3 benda uji (diambil yang terkecil)  $= 62,40368077 \text{ Mpa} > f'c (55 \text{ Mpa})$
- Nilai rata-rata 4 benda uji (diambil yang terkecil)  $= 63,26805220 \text{ Mpa} > (55 + 0,82 \cdot 2,531737023) - 57,07602436 \text{ Mpa}$

LAMPIRAN 17

Perhitungan kuat desak beton dengan campuran 2,5 % fly ash

benda uji	P	A	P/A	jumlah rata/rata	angka konversi
7-2,5FA1	675000	17718,61391	38,0955307	$\Sigma f'_{ci}=192,06114095$  $f_{cr} = 38,41222819$	$0,6817504295$ $\cong 0,68$
7-2,5FA2	680000	17671,4586	38,48012863		
7-2,5FA3	710000	17955,33291	39,54256953		
7-2,5FA4	690000	17931,59032	38,47957641		
7-2,5FA5	670000	17884,15228	37,46333568		
14-25FA1	750000	17836,77706	42,04795505	$\Sigma f'_{ci}=210,3936111$  $f_{cr}= 42,07872222$	$0,7468243391$ $\cong 0,75$
14-25FA2	730000	17647,90451	41,36468438		
14-25FA3	790000	18002,86521	43,88190385		
14-25FA4	710000	17730,41255	40,0441895		
14-25FA5	770000	17884,15228	43,05487832		
21-25FA1	810000	17471,74952	46,36055474	$\Sigma f'_{ci}=227,29757822$  $f_{cr}=45,45951564$	$0,8068275592$ $\cong 0,81$
21-25FA2	790000	17730,41255	44,55621085		
21-25FA3	830000	17848,61497	46,50220767		
21-25FA4	800000	17671,4586	45,27073956		
21-25FA6	770000	17261,52985	44,6078654		
28-2,5FA1	1000000	17718,61391	56,43782326	$\Sigma f'_{ci}=281,7176677$	
28-2,5FA2	980000	17765,83204	55,16206602		
28-2,5FA3	985000	18014,7581	54,67739253	$f_{cr}=56,34353354$	1
28-2,5FA4	1050000	17671,4586	59,41784568		
28-2,5FA5	990000	17671,4586	56,02254021		

Kuat desak pada umur 28 hari :

A (mm <sup>2</sup> )	f <sub>ci</sub> (MPa)	angka konversi	kuat desak umur 28 hari	(f' <sub>ci</sub> - f' <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>
7-2,5FA1	38,0955307	0,6817504295 ≅ 0,68	55,87899773	0,21579525
7-2,5FA2	38,48012863		56,44313075	0,009919233
7-2,5FA3	39,54256953		58,00153226	2,748953573
7-2,5FA4	38,47957641		56,44232074	0,009758544
7-2,5FA5	37,46333568		54,95168621	1,93724416
14-2,5FA1	42,04795505	0,7468243391 ≅ 0,75	56,30233621	0,001697373
14-2,5FA2	41,36468438		55,38743476	0,914128433
14-2,5FA3	43,88190385		58,75799907	5,829634825
14-2,5FA4	40,0441895		53,61928821	7,421522775
14-2,5FA5	43,05487832		57,65060944	1,708442544
21-2,5FA1	46,36055474	0,8068275592 ≅ 0,81	57,46030142	1,247166336
21-2,5FA2	44,55621085		55,22395752	1,253454638
21-2,5FA3	46,50220767		57,6358692	1,67012665
21-2,5FA4	45,27073956		56,10956028	0,054744358
21-2,5FA6	44,6078654		55,28797931	1,114198659
28-2,5FA1	56,43782326		1	56,43782326
28-2,5FA2	55,16206602	55,16206602		1,395869903
28-2,5FA3	54,67739253	54,67739253		2,776032049
28-2,5FA4	59,41784568	59,41784568		9,45138365
28-2,5FA5	56,02254021	56,02254021		0,103037912
		Σ	1126,870671	39,8720011
		f <sub>cr</sub>	56,34353354	

Standar deviasi dicari dengan rumus :  $s = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}}$

Maka nilai deviasi standar (s) =  $\sqrt{\frac{39,8720011}{20-1}} = 1,448629136$  MPa.

▪  $f_{cr} = f_c + (1,64 \times s)$

$f_c = f_{cr} - (1,64 \times s)$

$f_c = 56,34353354 - (1,64 \times 1,448629136)$

$f_c = 56,34353354 - (2,375751783) = 53,96778176$  MPa < 55 MPa.

Perhitungan rata-rata benda uji

Benda Uji	fci (Mpa)	Rata-rata 2 benda uji berurutan (Mpa)	Rata-rata 3 benda uji berurutan (Mpa)	Rata-rata 4 benda uji berurutan (Mpa)
7-2,5FA1	55.878998			
7-2,5FA2	56.443131	56.16106424		
7-2,5FA3	58.001532		56.77455358	
7-2,5FA4	56.442321	57.22192650	56.96232792	56.69149537
7-2,5FA5	54.951686		56.46517974	56.45966749
14-2,5FA1	56.302336	55.62701121	55.89878105	56.42446886
14-2,5FA2	55.387435		55.54715239	55.77094448
14-2,5FA3	58.757999	57.07271692	56.81592335	56.34986406
14-2,5FA4	53.619288		55.92157401	56.01676456
14-2,5FA5	57.650609	55.63494883	56.67596557	56.35383287
21-2,5FA1	57.460301		56.24339969	56.87204954
21-2,5FA2	55.223958	56.34212947	56.77828946	55.98853915
21-2,5FA3	57.635869		56.77337605	56.99268440
21-2,5FA4	56.109560	56.87271474	56.32312900	56.60742211
21-2,5FA6	55.287979		56.34446960	56.06434158
28-2,5FA1	56.437823	55.86290129	55.94512095	56.36780801
28-2,5FA2	55.162066		55.62928953	55.74935722
28-2,5FA3	54.677393	54.91972928	55.42576060	55.39131528
28-2,5FA4	59.417846		56.41910141	56.42378187
28-2,5FA5	56.022540	57.72019295	56.70592614	56.31996111

- Nilai rata-rata dua benda uji yang berurutan >  $f_c - 500$  psi atau  $55 - 3,5525 = 51,5525$  MPa.
- Nilai rata-rata 3 benda uji (diambil yang terkecil) =  $55,42576060$  Mpa >  $f_c$  (55 Mpa)
- Nilai rata-rata 4 benda uji (diambil yang terkecil) =  $55,39131528$  Mpa >  $(55 + 0,82 \cdot 1,448629136) = 56,18787589$  Mpa

LAMPIRAN 18

Perhitungan kuat desak beton dengan campuran 5% fly ash

benda uji	P	A	P/A	jumlah rata-rata	angka konversi
7-5FA1	780000	17931,59032	43,49865159	$\Sigma f_{ci}=221,54953923$ $f_{cr} = 44,30990785$	0,7036834938 $\cong 0,7$
7-5FA2	815000	17436,62455	46,74069787		
7-5FA3	730000	17907,86345	40,76421524		
7-5FA4	810000	18098,1183	44,75603412		
7-5FA5	820000	17907,86345	45,78994041		
14-5FA1	860000	17671,4586	48,66604503	$\Sigma f_{ci}=241,57229048$ $f_{cr}= 48,3144581$	0,7672795618 $\cong 0,77$
14-5FA2	840000	17319,79657	48,4994149		
14-5FA3	850000	17718,61391	47,97214977		
14-5FA4	860000	17506,90983	49,12346087		
14-5FA5	845000	17860,45681	47,31121991		
21-5FA1	1000000	17801,28688	56,17571397	$\Sigma f_{ci}=275,87481721$ $f_{cr}= 55,17496344$	0,8762309137 $\cong 0,88$
21-5FA2	980000	17907,86345	54,72456292		
21-5FA3	990000	17530,36967	56,47342403		
21-5FA4	970000	17695,0284	54,81765715		
21-5FA6	955000	17789,46467	53,68345914		
28-5FA1	1080000	17789,46467	60,71008992	$\Sigma f_{ci}=314,84259783$	
28-5FA2	1120000	17813,11301	62,87502916		
28-5FA3	1150000	17695,0284	64,9900059	$f_{cr}=62,96851957$	1
28-5FA4	1145000	17695,0284	64,70744065		
28-5FA5	1120000	18193,62271	61,5600322		



Kuat desak pada umur 28 hari :

A (mm <sup>2</sup> )	f <sub>ci</sub> (MPa)	angka konversi	kuat desak umur 28 hari	(f' <sub>ci</sub> - f' <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>
7-5FA1	43,49865159	0,7036834938 ≅ 0,7	61,81564862	1,329111862
7-5FA2	46,74069787		66,42289933	11,93273827
7-5FA3	40,76421524		57,92975905	25,38910951
7-5FA4	44,75603412		63,60250669	0,40193943
7-5FA5	45,78994041		65,07178413	4,423721035
14-5FA1	48,66604503	0,7672795618 ≅ 0,77	63,4267449	0,209970283
14-5FA2	48,4994149		63,20957486	0,058107564
14-5FA3	47,97214977		62,5223871	0,199034352
14-5FA4	49,12346087		64,02289767	1,111712783
14-5FA5	47,31121991		61,66099329	1,709625455
21-5FA1	56,17571397	0,8762309137 ≅ 0,88	64,11062779	1,304410756
21-5FA2	54,72456292		62,45449923	0,264217106
21-5FA3	56,47342403		64,45038989	2,195939103
21-5FA4	54,81765715		62,56074317	0,166281748
21-5FA6	53,68345914		61,26633779	2,897423446
28-5FA1	60,71008992		1	60,71008992
28-5FA2	62,87502916	62,87502916		0,008740492
28-5FA3	64,9900059	64,9900059		4,086406218
28-5FA4	64,70744065	64,70744065		3,023845889
28-5FA5	61,5600322	61,5600322		1,983837203
			Σ 1259,370391	67,79667782
			f <sub>cr</sub> 62,96851957	

Standar deviasi dicari dengan rumus :  $s = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - \bar{f}'_{cr})^2}{n-1}}$

Maka nilai deviasi standar (s) =  $\sqrt{\frac{67,79667782}{20-1}} = 1,888980201$  MPa.

▪  $f_{cr} = f_c + (1,64 \times s)$

$f_c = f_{cr} - (1,64 \times s)$

$f_c = 62,96851957 - (1,64 \times 1,888980201)$

$f_c = 62,96851957 - (3,09792753) = 59,87059204$  MPa > 55 MPa.

Perhitungan rata-rata benda uji

Benda Uji	fci (Mpa)	Rata-rata 2 benda uji berurutan (Mpa)	Rata-rata 3 benda uji berurutan (Mpa)	Rata-rata 4 benda uji berurutan (Mpa)
7-5FA1	61.815649	64.11927398		
7-5FA2	66.422899			
7-5FA3	57.929759	60.76613287	62.05610233	
7-5FA4	63.602507		62.65172169	62.44270342
7-5FA5	65.071784	64.24926452	62.20134996	63.25673730
14-5FA1	63.426745		64.03367857	62.50769869
14-5FA2	63.209575	62.86598098	63.90270130	63.82765265
14-5FA3	62.522387		63.05290229	63.55762275
14-5FA4	64.022898	62.84194548	63.25161988	63.29540113
14-5FA5	61.660993		62.73542602	62.85396323
21-5FA1	64.110628	63.28256351	63.26483958	63.07922646
21-5FA2	62.454499		62.74204010	63.06225450
21-5FA3	64.450390	63.50556653	63.67183897	63.16912755
21-5FA4	62.560743		63.15521076	63.39406502
21-5FA6	61.266338	60.98821386	62.75915695	62.68299252
28-5FA1	60.710090		61.51239029	62.24689019
28-5FA2	62.875029	63.93251753	61.61715229	61.85305001
28-5FA3	64.990006		62.85837499	62.46036569
28-5FA4	64.707441	63.13373643	64.19082524	63.32064141
28-5FA5	61.560032		63.75249292	63.53312698

- Nilai rata-rata dua benda uji yang berurutan  $> f_c - 500 \text{ psi}$  atau  $55 - 3,5525 = 51,5525 \text{ MPa}$ .
- Nilai rata-rata 3 benda uji (diambil yang terkecil) =  $61,51239029 \text{ Mpa} > f_c$  ( $55 \text{ Mpa}$ )
- Nilai rata-rata 4 benda uji (diambil yang terkecil) =  $61,85305001 \text{ Mpa} > (55 + 0,82 \cdot 1,888980201) = 56,54896376 \text{ Mpa}$

LAMPIRAN 19

Perhitungan kuat desak beton dengan campuran 7,5% *fly ash*

benda uji	P	A	P/A	jumlah & rata-rata	angka konversi
7-7,5FA1	750000	17471,74952	42,92643957	$\Sigma f_{ci}=216,9062085$ $f_{cr} = 43,3812417$	0,6801294219 $\cong 0,68$
7-7,5FA2	795000	17789,46467	44,68937175		
7-7,5FA3	800000	17967,21009	44,52555493		
7-7,5FA4	765000	17907,86345	42,71866392		
7-7,5FA5	745000	17718,61391	42,04617833		
14-7,5FA1	875000	17460,03727	50,11444057	$\Sigma f_{ci}=248,50338646$ $f_{cr}= 49,70067729$	0,7792052875 $\cong 0,8$
14-7,5FA2	860000	17671,4586	48,66604503		
14-7,5FA3	865000	17436,62455	49,60822535		
14-7,5FA4	880000	17676,1713	49,78453676		
14-7,5FA5	890000	17683,24154	50,33013875		
21-7,5FA1	1060000	18074,28146	58,64686805	$\Sigma f_{ci}=289,2113585$ $f_{cr}= 57,8422717$	0,9068488884 $\cong 0,91$
21-7,5FA2	980000	17789,46467	55,0887853		
21-7,5FA3	1015000	17907,86345	56,6790116		
21-7,5FA4	1070000	17671,4586	60,54961417		
21-7,5FA6	1050000	18026,65492	58,24707938		
28-7,5FA1	1160000	18014,7581	64,39165009		
28-7,5FA2	1170000	17789,46467	65,76926408		
28-7,5FA3	1140000	18193,62271	62,65931849		
28-7,5FA4	1135000	17931,59032	63,29611482		
28-7,5FA5	1115000	17754,02162	62,8026722		

Kuat desak pada umur 28 hari :

A (mm <sup>2</sup> )	f <sub>ci</sub> (MPa)	angka konversi	kuat desak umur 28 hari	(f' <sub>ci</sub> - f' <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>
7-7,5FA1	42,92643957	0,6801294219 ≅ 0,68	63,11510452	0,4475888
7-7,5FA2	44,68937175		65,70715849	3,699292852
7-7,5FA3	44,52555493		65,46629725	2,830783836
7-7,5FA4	42,71866392		62,80961022	0,949053345
7-7,5FA5	42,04617833		61,82084902	3,853191919
14-7,5FA1	50,11444057	0,7792052875 ≅ 0,78	64,31481065	0,281968155
14-7,5FA2	48,66604503		62,45599943	1,76306475
14-7,5FA3	49,60822535		63,66515487	0,014077595
14-7,5FA4	49,78453676		63,89142568	0,011582445
14-7,5FA5	50,33013875		64,59162882	0,65258108
21-7,5FA1	58,64686805	0,9068488884 ≅ 0,91	64,67104803	0,78720212
21-7,5FA2	55,0887853		60,74748061	9,219259169
21-7,5FA3	56,6790116		62,50105424	1,645446704
21-7,5FA4	60,54961417		66,76924337	8,912848774
21-7,5FA6	58,24707938		64,23019235	0,199263439
28-7,5FA1	64,39165009	1	64,39165009	0,36947698
28-7,5FA2	65,76926408		65,76926408	3,942052097
28-7,5FA3	62,65931849		62,65931849	1,264467465
28-7,5FA4	63,29611482		63,29611482	0,237840653
28-7,5FA5	62,8026722		62,8026722	0,962619423
		Σ	1275,676078	42,04323168
		f <sub>cr</sub>	63,78380391	

Standar deviasi dicari dengan rumus :  $s = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}}$

Maka nilai deviasi standar (s) =  $\sqrt{\frac{63,78380391}{20-1}} = 1,487548879$  MPa.

▪  $f_{cr} = f_c + (1,64 \times s)$

$f_c = f_{cr} - (1,64 \times s)$

$f_c = 63,78380391 - (1,64 \times 1,487548879)$

$f_c = 63,78380391 - (2,439580162) = 61,34422375$  MPa.

Perhitungan rata-rata benda uji

Benda Uji	fci (Mpa)	Rata-rata 2 benda uji berurutan (Mpa)	Rata-rata 3 benda uji berurutan (Mpa)	Rata-rata 4 benda uji berurutan (Mpa)
7-7,5FA1	63.1151045			
7-7,5FA2	65.7071585	64.41113151		
7-7,5FA3	65.4662973		64.762853420	
7-7,5FA4	62.8096102	64.13795374	64.661021987	64.27454262
7-7,5FA5	61.8208490		63.365585497	63.95097875
14-7,5FA1	64.3148107	63.06782984	62.981756630	63.60289179
14-7,5FA2	62.4559994		62.863886367	62.85031733
14-7,5FA3	63.6651549	63.06057715	63.478654983	63.06420349
14-7,5FA4	63.8914257		63.337526660	63.58184766
14-7,5FA5	64.5916288	64.24152725	64.049403123	63.65105220
21-7,5FA1	64.6710480		64.384700843	64.20481435
21-7,5FA2	60.7474806	62.70926432	63.336719153	63.47539579
21-7,5FA3	62.5010542		62.639860960	63.12780293
21-7,5FA4	66.7692434	64.63514881	63.339259407	63.67220656
21-7,5FA6	64.2301924		64.500163320	63.56199264
28-7,5FA1	64.3916501	64.31092122	65.130361937	64.47303501
28-7,5FA2	65.7692641		64.797035507	65.29008747
28-7,5FA3	62.6593185	64.21429129	64.273410887	64.26260625
28-7,5FA4	63.2961148		63.908232463	64.02908687
28-7,5FA5	62.8026722	63.04939351	62.919368503	63.63184240

- Nilai rata-rata dua benda uji yang berurutan >  $f_c - 500$  psi atau  $55 - 3,5525 = 51,5525$  MPa.
- Nilai rata-rata 3 benda uji (diambil yang terkecil) =  $62,639860960$  Mpa >  $f_c = 55$  Mpa
- Nilai rata-rata 4 benda uji (diambil yang terkecil) =  $61,85305001$  Mpa >  $(55 + 0,82 \cdot 1,487548879) = 56,21979008$  Mpa