

✓ 23661 / H / 08



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



RSS  
620.176  
Pnt  
P-1  
2008

**TUGAS AKHIR - PS 1380**

**PEMANFAATAN KAPUR UNTUK MENINGKATKAN KUAT TEKAN BETON FLY ASH DAN SELF COMPACTING CONCRETE (DENGAN UJI MODEL DI LABORATORIUM)**

NUGROHO ARIE PUTRANTO  
NRP. 3104 100 016

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2007

<b>PERPUSTAKAAN ITS</b>	
Tgl. Terima	07-10-08
Terima Dari	fr
No. Agenda Prp.	232141

**PEMANFAATAN KAPUR UNTUK  
MENINGKATKAN KUAT TEKAN BETON FLY ASH  
DAN *SELF COMPACTING CONCRETE* (DENGAN UJI  
MODEL DI LABORATORIUM)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Struktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Nugroho Arie Putranto**

Nrp. 3104 100 016

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA  
( Dosen Pembimbing )

**SURABAYA, 1 Juli, 2008**

**PEMANFAATAN KAPUR UNTUK  
PENINGKATAN KUAT TEKAN BETON FLY  
ASH DAN *SELF COMPACTING CONCRETE*  
(DENGAN UJI MODEL DI  
LABORATORIUM)**

**Nama** : Nugroho Arie Putranto  
**NRP.** : 3104.100.016  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA

ABSTRAK

Sumber daya kapur yang terkandung di negara kita sangatlah besar. Sebagian besar dari batuan-batuan ini terdapat dalam bentuk senyawa kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang hampir tersebar di seluruh kepulauan di Indonesia

Senyawa tersebut mampu bereaksi dengan fly ash untuk menjadi perekat yang memiliki ukuran sangat lembut yang dapat menutup pori-pori pada beton, sehingga apabila semakin sedikit pori yang tertutup maka kuat tekannya juga semakin baik.

*Self Compacting Concrete (SCC)* memberikan solusi baru dalam dunia teknologi beton karena tidak memerlukan vibrator untuk pematatannya. SCC telah digunakan dan dikembangkan di luar negeri, akan tetapi di Indonesia belum begitu dikenal, dikarenakan belum adanya penelitian tentang SCC di Indonesia.

Pemanfaatan kapur untuk meningkatkan kuat tekan beton yang selanjutnya dimanfaatkan untuk *Self Compacting Concrete* adalah sebuah fenomena baru dalam dunia teknologi beton, memiliki keunggulan *workability*, durabilitas, dan kekuatan awal yang tinggi, sehingga dapat diaplikasikan dengan baik.

Pada penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan kapur pada *trial mix* untuk meningkatkan kuat tekan beton guna mengetahui karakteristik dan memperkirakan komposisi optimum campurannya. Kemudian dari komposisi optimum tersebut akan diaplikasikan ke teknologi SCC

Kata kunci : *self compacting concrete*, *high early strength*, *workability*, durabilitas, kapur

## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas segala berkah, rahmah serta hidayah-Nya lah penyusun bisa menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “ Pemanfaatan Kapur Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton dan *Self Compacting Concrete* (Dengan Uji Model di Laboratorium)” ini.

Ucapan terima kasih tak lupa penyusun haturkan kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penyusun selama tugas akhir ini.
2. Kedua Orang Tua penyusun atas segala dorongan yang telah diberikan.
3. Dr. Ir. Hidajat Soegihardjo M. MS selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil ITS.
4. Dr.techn. Pujo A, ST.MT selaku Kepala Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Teknik Sipil ITS.
5. Ir. Djoko Irawan, MS selaku Kepala Laboratorium Struktur Teknik Sipil ITS.
6. Ir. Kurdian Suprpto, MSc. selaku Dosen Wali.
7. Laboran dari Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan dan Laboratorium Struktur Teknik Sipil ITS.
8. Dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu disini, penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Akhir kata, semoga laporan tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi penyusun pada khususnya dan semua pihak pada umumnya. Amien

Surabaya, 26 Juni 2008

Penyusun

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	
Halaman Pengesahan	
Abstrak .....	i
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vi
Daftar Gambar .....	iii
Daftar Tabel .....	vii
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Perumusan masalah .....	4
1.3    Tujuan masalah .....	4
1.4    Batasan masalah.....	5
1.5    Manfaat penelitian.....	4
<b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1    Umum.....	1
2.2    Beton Konvensional.....	7
2.3    Self Compacting Concrete.....	9
2.3.1    Definisi.....	9
2.3.2    Keunggulan SCC.....	10
2.3.3    Kriteria SCC.....	10
2.3.4    Penelitian Sebelumnya.....	11
2.4    Material penelitian tugas akhir.....	12
2.4.1    Agregat.....	12
2.4.2    Air.....	14
2.4.3    Semen.....	15
2.4.4    Fly ash.....	16
2.4.5    Kapur (lime).....	20
2.4.6    Larutan Viscosrete 10.....	25

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	langkah-langkah penelitian.....	27
3.2	Flowchart penelitian.....	27
3.3	Rancangan Instrumen penelitian.....	30
	3.3.1 Penentuan Judul.....	30
	3.3.2 Persiapan Material.....	31
	3.3.3 Analisa material.....	31
	3.3.3.1 Analisa semen.....	31
	3.3.3.2 Analisa fly ash.....	31
	3.3.3.3 Percobaan berat jenis pasir.....	32
	3.3.3.4 Percobaan kelembapan pasir.....	33
	3.3.3.5 Percobaan air resapan.....	34
	3.3.3.6 Percobaan berat volume pasir.....	35
	3.3.3.7 Tes kebersihan pasir (organik).....	36
	3.3.3.8 Tes kebersihan pasir (endapan).....	37
	3.3.3.9 Tes kebersihan pasir (pencucian).....	38
	3.3.3.10 Kelembapan batu pecah.....	39
	3.3.3.11 Berat jenis batu pecah.....	40
	3.3.3.12 Air resapan batu pecah.....	41
	3.3.3.13 Berat volume batu pecah.....	41
	3.3.3.14 Kebersihan batu pecah (lumpur).....	43
	3.3.3.15 Tes keausan agregat kasar.....	44
	3.3.3.16 Analisa saringan pasir.....	45
	3.3.3.17 Analisa saringan batu pecah.....	46
3.4	Uji parameter Fisik.....	47
	3.4.1 Setting Time.....	47
	3.4.2 Porositas.....	49
	3.4.3 Pengujian Kehalusan.....	50
	3.4.4 Curing.....	52
3.5	Uji parameter Mekanik.....	53
	3.5.1 Tes Kuat Tekan.....	53
3.6	Uji Mikrostruktur .....	54
3.7	Uji kriteria SCC.....	53
	3.7.1 Slump Flow Test.....	55

3.7.2	L-Box Test.....	59
3.7.2	V-Funnel Test.....	61
3.8	Membuat Benda Uji Binder 20 mm x 40 cm.....	64
3.9	Membuat Benda Uji Beton 100 mm x 200 cm.....	76
3.9.1	Langkah 1.....	76
3.9.2	Langkah 2.....	76
3.9.3	Langkah 3.....	77
3.9.4	Langkah 4.....	78
3.9.5	Langkah 5.....	79
3.9.6	Langkah 6.....	80
3.9.7	Langkah 7.....	81
3.10	Analisa data.....	81
3.11	Kesimpulan dan Saran.....	81

#### BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA

4.1	Umum.....	83
4.2	Tes Material dan analisa ayakan.....	83
4.2.1	Agregat halus.....	83
4.2.1.1	Percobaan kelembapan pasir.....	83
4.2.1.2	Percobaan berat jenis pasir.....	84
4.2.1.3	Percobaan air resapan.....	84
4.2.1.4	Percobaan berat volume pasir.....	84
4.2.1.5	Kebersihan pasir terhadap organik.....	85
4.2.1.6	Kebersihan pasir terhadap pencucian.....	85
4.2.1.7	Kebersihan pasir terhadap lumpur.....	86
4.2.2	Agregat kasar.....	86
4.2.2.1	Percobaan kelembapan batu pecah.....	86
4.2.2.2	Percobaan berat jenis batu pecah.....	86
4.2.2.3	Percobaan air resapan batu pecah.....	87
4.2.2.4	Percobaan berat volume batu pecah.....	87
4.2.2.5	Kebersihan batu pecah terhadap lumpur.....	88
4.2.2.6	Percobaan keausan agregat kasar.....	88

4.2.3	Analisa ayakan.....	89
4.2.3.1	Agregat Halus (Pasir).....	89
4.2.3.2	Agregat Kasar (batu pecah).....	90
4.2.3.3	Agregat Gabungan.....	92
4.3	Uji parameter fisik.....	95
4.3.1	Setting Time.....	95
4.3.1.1	Binder (FA10%+K10%+PC80%).....	95
4.3.1.2	Binder (FA10%+K20%+PC70%).....	97
4.3.1.3	Binder (FA10%+K30%+PC60%).....	98
4.3.1.4	Binder (FA0%+K0%+PC100%).....	99
4.3.2	Porositas.....	101
4.3.3	Porositas Total.....	106
4.3.4	Tes Kehalusan.....	106
4.3.4.1	Tes kehalusan pada semen.....	107
4.3.4.2	Tes kehalusan pada fly ash.....	108
4.3.4.3	Tes kehalusan pada kapur.....	108
4.3.5	Temperatur Hidrasi.....	108
4.3.5.1	Temp.Hidrasi (F10%+K10%+PC80%).....	109
4.3.5.2	Temp.Hidrasi (F0%+K0%+PC100%).....	110
4.3.5.3	Temp.Hidrasi (F20%+K0%+PC80%).....	111
4.3.5.4	Temp.Hidrasi (F20%+K20%+PC60%).....	111
4.3.5.5	Temp.Hidrasi (F20%+K10%+PC70%).....	112
4.3.5.6	Temp.Hidrasi (F10%+K20%+PC70%).....	113
4.3.5.7	Temp.Hidrasi (F0%+K10%+PC90%).....	114
4.3.5.8	Temp.Hidrasi (F0%+K20%+PC80%).....	115
4.3.5.9	Temp.Hidrasi (F10%+K0%+PC90%).....	116
4.3.5.10	Temperatur Hidrasi Total.....	117
4.4	Uji parameter mekanik.....	121
4.4.1	Uji Konsistensi Normal.....	121
4.4.2	Tes Kuat Tekan.....	122
4.4.2.1	Kuat tekan binder.....	122
4.4.2.2	Kuat tekan mortar.....	160
4.4.2.3	Kuat tekan beton.....	170
4.4.2.3.1	FA 10% + Kapur 0-20%.....	170
4.4.2.3.2	FA 0% + Kapur 0-20%.....	175

4.4.2.3.3	FA 30% + Kapur 0-20%.....	179
4.4.2.3.4	FA 20% + Kapur 0-20%.....	183
4.4.2.3.5	FA : Kapur = 7:3.....	187
4.4.2.3.6	FA : Kapur = 8:2.....	188
4.5	Uji porositas pada beton.....	192
4.6	Uji Mikrostruktur.....	193
4.6.1	Kandungan awal.....	194
4.7	Uji Kriteria <i>Self Compacting Concrete</i> .....	200
4.7.1	Slump Flow Test.....	200
4.7.2	L-Box Test.....	201
4.7.3	V-Funnel Test.....	201

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	203
5.2	Saran.....	203

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sumber daya kapur yang terkandung di negara kita sangatlah besar. Sebagian besar dari batuan-batuan ini terdapat dalam bentuk senyawa kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang hampir tersebar di seluruh kepulauan di Indonesia (*Jiunkpee, 2005*). Sebagai contoh daerah pemasok batuan kapur terbesar di Indonesia adalah daerah Sumatera Barat, Daerah penghasil batu kapur tersebut yaitu Gunung Tulas, Muara Kiawai, Kab. Pasaman, 1.300.000.000 ton (650 Ha), Bukit Gagawan, Desa Subarang, Kab. Solok, 6.237.000.000 ton (1.500 Ha), Dusun Pauh Tinggi, Desa Halaban, Kec. Luhak Kab. 50 Kota, 507.760.000 ton (415 Ha), Bukit Sumanik, Desa Tanjung Lolo, Kec. Tj. Gadang, Kab. Sawahlunto Sijunjung, 348.260.000 ton (210 Ha), Bukit Tui, Kota Padang Panjang, 43.000.000 ton (124 Ha) (*Pemprov Sumbar, 2007*). Di dalam batu kapur terdapat sekitar 95 % kalsium karbonat. (*CRC, 2007*), kalsium karbonat dapat ditemukan secara alami dalam mineral atau batuan sebagai berikut yaitu aragonit, kalsit, kapur, *limestone*, pualam, dan *travertine*. Untuk mengetahui apakah sebuah mineral atau batuan mengandung kalsium karbonat dapat digunakan asam kuat seperti asam klorida. Apabila ditetaskan ke mineral atau batuan, maka akan menghasilkan karbondioksida dan air. (*CRC, 2007*).

Pembangunan dalam bidang konstruksi dari tahun ke tahun semakin berkembang, baik dari segi desain maupun metode-metode konstruksi yang

dilakukan. Dalam pekerjaan konstruksi beton, pemadatan atau vibrasi beton adalah pekerjaan yang mutlak harus dilakukan untuk suatu pekerjaan struktur beton bertulang konvensional. Tujuan dari pemadatan itu sendiri adalah meminimalkan udara yang terjebak dalam beton segar sehingga

diperoleh beton yang homogen dan tidak terjadi rongga-rongga di dalam beton (*honey-comb*). Konsekuensi dari beton bertulang yang tidak sempurna pemadatannya, diantaranya dapat menurunkan kuat tekan beton dan kedap air beton sehingga mudah sekali terjadi karat pada besi tulangan (*Handoko, 2001*).

Selain hal tersebut diatas, pengecoran beton konvensional pada beam column joint yang padat tulangan dengan alat vibrator belum menjamin tercapainya kepadatan secara optimal. Oleh karena itu perlu ditingkatkan suatu teknologi untuk menghindari hal tersebut diatas. Dengan Self Compacting Concrete (SCC) maka tidak diperlukan lagi vibrator di dalam pengecoran untuk pemadatannya, dimana teknologi ini sedang digalakkan. Beton yang memiliki sifat self compacted sangat banyak berkembang sehingga sejumlah persoalan terpecahkan. Self Compacting Concrete (SCC) memerlukan kandungan semen yang sangat banyak untuk keperluan kinerjanya, tanpa mengalami pemisahan antara agregat kasar dengan agregat halus. (*R.K.Dhir, 2004*).

Keunggulan dari Self Compacting Concrete ini dari segi durabilitas adalah peningkatan homogenitas dari beton, dapat membungkus tulangan dengan baik, porositas dari matrix beton yang rendah, dari segi produktivitas pengecorannya menjadi lebih cepat, pemompaannya juga menjadi lebih mudah, dan pekerjaan pemadatan tidak perlu dilakukan lagi.

Sedangkan dari segi tenaga kerja adalah : dari segi human error akibat pemadatan yang kurang sempurna dapat dihilangkan, angka kecelakaan tenaga kerja dapat diperkecil, tidak ada polusi suara akibat vibrator. (*Handoko,2001*).

Sejauh ini ada beberapa perkembangan mengenai SCC sendiri, beberapa percobaan telah dilakukan, antara lain penggunaan fly ash dan viscocrete pada Self Compacting Concrete. Penggunaan viscocrete berfungsi agar trial mix dapat mengalami keadaan self compactibility, dari hasil percobaan tersebut didapat komposisi binder antara semen dengan fly ash 6:4 dan dosis viscocrete 1,5% dari jumlah total binder merupakan kondisi yang optimal, baik ditinjau dari segi workability, flowability dan kuat tekan beton. (*Handoko,2001*).

Selain hal tersebut diatas keberadaan Kapur yang volumenya relatif banyak ,hingga saat ini Kapur murni banyak dimanfaatkan untuk dunia kedokteran, antara lain sebagai obat-obatan, vitamin dan suplemen. Kapur sendiri dihasilkan oleh hasil metabolisme dari batuan sedimen batu gamping. Di dunia konstruksi Kapur juga dimanfaatkan sebagai campuran dalam pembuatan semen portland. Untuk bidang perindustrian Kapur digunakan oleh industri keramik. (*Andy C. Highfield 2007*). Untuk itu dalam penelitian ini Kapur akan dipakai dalam campuran SCC. Dalam hal ini kapur ditambahkan dalam campuran beton dengan tujuan sebagai pengikat fly ash dan agregat sehingga menimbulkan reaksi pengikatan pada beton tersebut.

## 1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh Kapur dengan berbagai variasi (0%-30%) terhadap sifat fisik dan mekanik dari beton ?
2. Bagaimanakah karakteristik dari beton yaitu *setting time*, *panas hidrasi*, *porositas*, dan *flowable*-nya jika memakai kapur sebagai bahan campuran ?
3. Apa saja Keunggulan beton yang menggunakan kapur jika dibandingkan dengan beton normal?
4. Bagaimanakah pengaruh kapur tersebut terhadap sifat mikronya, yaitu dengan tes XRD (X-Ray Diffractometer)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat mix design beton dengan berbagai variasi campuran kapur (0%-30% dari cementitious), dengan benda uji pasta, mortar, dan beton, sehingga didapatkan komposisi optimumnya.
2. Mencari perkembangan kuat tekan dari masing-masing campuran tersebut mulai dari umur 3,7,14,21,28,dan 56 hari
3. Mencari perkembangan nilai-nilai dari faktor *setting time*, *panas hidrasi*, *porositas* dari masing-masing campuran.
4. menentukan perbandingan campuran yang optimal dari *Self Compacting Concrete* yang menggunakan Kapur.

Sedangkan dari segi tenaga kerja adalah : dari segi human error akibat pemadatan yang kurang sempurna dapat dihilangkan, angka kecelakaan tenaga kerja dapat diperkecil, tidak ada polusi suara akibat vibrator. (*Handoko,2001*).

Sejauh ini ada beberapa perkembangan mengenai SCC sendiri, beberapa percobaan telah dilakukan, antara lain penggunaan fly ash dan viscocrete pada Self Compacting Concrete. Penggunaan viscocrete berfungsi agar trial mix dapat mengalami keadaan self compactibility, dari hasil percobaan tersebut didapat komposisi binder antara semen dengan fly ash 6:4 dan dosis viscocrete 1,5% dari jumlah total binder merupakan kondisi yang optimal, baik ditinjau dari segi workability, flowability dan kuat tekan beton. (*Handoko,2001*).

Selain hal tersebut diatas keberadaan Kapur yang volumenya relatif banyak ,hingga saat ini Kapur murni banyak dimanfaatkan untuk dunia kedokteran, antara lain sebagai obat-obatan, vitamin dan suplemen. Kapur sendiri dihasilkan oleh hasil metabolisme dari batuan sedimen batu gamping. Di dunia konstruksi Kapur juga dimanfaatkan sebagai campuran dalam pembuatan semen portland. Untuk bidang perindustrian Kapur digunakan oleh industri keramik. (*Andy C. Highfield 2007*). Untuk itu dalam penelitian ini Kapur akan dipakai dalam campuran SCC. Dalam hal ini kapur ditambahkan dalam campuran beton dengan tujuan sebagai pengikat fly ash dan agregat sehingga menimbulkan reaksi pengikatan pada beton tersebut.

## 1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh Kapur dengan berbagai variasi (0%-30%) terhadap sifat fisik dan mekanik dari beton ?
2. Bagaimanakah karakteristik dari beton yaitu *setting time*, *panas hidrasi*, *porositas*, dan *flowable*-nya jika memakai kapur sebagai bahan campuran ?
3. Apa saja Keunggulan beton yang menggunakan kapur jika dibandingkan dengan beton normal?
4. Bagaimanakah pengaruh kapur tersebut terhadap sifat mikronya, yaitu dengan tes XRD (X-Ray Diffractometer)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat mix design beton dengan berbagai variasi campuran kapur (0%-30% dari cementitious), dengan benda uji pasta, mortar, dan beton, sehingga didapatkan komposisi optimumnya.
2. Mencari perkembangan kuat tekan dari masing-masing campuran tersebut mulai dari umur 3,7,14,21,28,dan 56 hari
3. Mencari perkembangan nilai-nilai dari faktor *setting time*, *panas hidrasi*, *porositas* dari masing-masing campuran.
4. menentukan perbandingan campuran yang optimal dari *Self Compacting Concrete* yang menggunakan Kapur.

#### 1.4 Batasan Masalah

Penulisan tugas akhir ini ditetapkan batasan masalah sebagai berikut :

1. Mencari komposisi optimal dari beton apabila menggunakan kapur
2. Dari komposisi optimal tersebut, akan dianalisa untuk dimanfaatkan sebagai *Self Compacting Concrete*.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui sifat-sifat fisik dan mekanik dari kapur sebagai campuran dari beton, sehingga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kuat tekan beton dan dapat diaplikasikan untuk *Self Compacting Concrete*.

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Dalam dunia konstruksi yang berkembang sampai saat ini beton konvensional masih sangat dominan bahkan tak tergantikan. Hal ini disebabkan karena beton merupakan material konstruksi bangunan yang sering digunakan dengan berbagai alasan, yaitu pelaksanaan konstruksi yang mudah dan juga biaya perawatan yang relatif murah dibandingkan material yang lainnya. Bahan dasar pembentuk beton konvensional ini yaitu semen, agregat kasar, agregat halus, air dan juga bahan tambahan lainnya. Agregat memegang peranan penting dalam pembentukan beton karena agregat menyumbang volume beton 60 hingga 80%. (*Saptahari Sugiri, 2005*).

Perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi beton memungkinkan penggunaan limbah menjadi bahan dasar pembentuk beton, sehingga di satu sisi penggunaan bahan alam yang merusak lingkungan dapat dibatasi dan di lain sisi bahan limbah dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk bahan dasar pembentukan beton (*Saptahari Sugiri, 2005*).

Material beton terdiri dari agregat dan matriks pasta semen. Antara agregat dan mortar terdapat interface zone (zona antar permukaan). *Interface zone* merupakan daerah yang paling lemah pada beton. Kehancuran pada beton biasanya terjadi pada *interface*, yaitu bidang kontak antara pasta semen dengan agregat, dimana ikatannya tidak sempurna. Memperkuat zona antar permukaan mortar dan agregat merupakan suatu pemecahan

permasalahan untuk mendapatkan beton mutu tinggi. (*Lelyani Kin Khosama, 2005*).

Menurut *Abinhot S, 2005* Beton didefinisikan sebagai sebuah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil / batu pecah), semen, air, dan bahan tambahan lain (*admixtures*) bila diperlukan dan telah mengeras. Jadi bahan utama pembentuk beton terdiri dari 3 macam, yaitu semen, agregat (halus dan kasar) dan air.

Sedangkan kapur (*calcium and lime*) pada saat ini banyak dimanfaatkan untuk dunia industri, dan dunia medis untuk pembuatan obat-obatan, padahal menurut penelitian yang ada (*Lelyani Kin Khosama, 2005*) butiran sangat lembut yang dimiliki oleh serbuk kapur yang bereaksi dengan zat lainnya sehingga menjadi perekat yang dapat mengisi rongga udara yang masih kosong didalam beton, sehingga jika semakin kecil rongga yang tertutupi, maka kekuatan beton tersebut semakin kuat pula, hal ini dikarenakan juga kapur pada jaman dahulu sudah dimanfaatkan sebagai bahan perekat untuk mendirikan bangunan. Penelitian lain menyebutkan bahwasanya kapur sangat efektif sekali sebagai bahan pengisi / *filler* (*Inglesh, Metealf, 1992*). Kapur juga banyak dimanfaatkan sebagai *filler* pada campuran *Hot Rolled Asphalt* karena dapat meningkatkan mutu dari aspal tersebut (*Yulius Atto, 2005*),

Di negara maju khususnya Jepang, *Self Compacting Concrete* (SCC) telah diaplikasikan dengan baik dan mengalami peningkatan penggunaan yang pesat khususnya di dunia *concrete production* (*Masahiro Ouchi & Sada-aki Nakamura, 2003*). Hal ini dikarenakan SCC dapat menghemat hingga 50%, dan mempercepat *formwork* hingga 80 % (*wikipedia/self consolidating concrete*).

## 2.2 Beton Konvensional

Dalam dunia konstruksi yang berkembang sampai saat ini beton konvensional masih sangat dominan bahkan tak tergantikan. Hal ini disebabkan karena beton merupakan material konstruksi bangunan yang sering digunakan dengan berbagai alasan, yaitu pelaksanaan konstruksi yang mudah dan juga biaya perawatan yang relatif murah dibandingkan material yang lainnya. Bahan dasar pembentuk beton konvensional ini yaitu semen, agregat kasar, agregat halus, air dan juga bahan tambahan lainnya. Agregat memegang peranan penting dalam pembentukan beton karena agregat menyumbang volume beton 60 hingga 80%. (*Saptahari Sugiri, 2005*).

Perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi beton memungkinkan penggunaan limbah menjadi bahan dasar pembentuk beton, sehingga di satu sisi penggunaan bahan alam yang merusak lingkungan dapat dibatasi dan di lain sisi bahan limbah dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk bahan dasar pembentukan beton (*Saptahari Sugiri, 2005*).

Material beton terdiri dari agregat dan matriks pasta semen. Antara agregat dan mortar terdapat interface zone (zona antar permukaan). *Interface zone* merupakan daerah yang paling lemah pada beton. Kehancuran pada beton biasanya terjadi pada *interface*, yaitu bidang kontak antara pasta semen dengan agregat, dimana ikatannya tidak sempurna. Memperkuat zona antar permukaan mortar dan agregat merupakan suatu pemecahan permasalahan untuk mendapatkan beton mutu tinggi. (*Lelyani Kin Khosama, 2005*).

Menurut *Abinhot S, 2005* Beton didefinisikan sebagai sebuah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil / batu pecah), semen, air, dan bahan tambahan lain (*admixtures*) bila diperlukan dan telah mengeras. Jadi

bahan utama pembentuk beton terdiri dari 3 macam, yaitu semen, agregat (halus dan kasar) dan air.

## 2.3 *Self Compacting Concrete (SCC)*

### 2.3.1 Definisi

*Self Compacting Concrete (SCC)* merupakan inovasi dari beton yang tidak memerlukan proses penggetaran untuk menempati bekistingnya (*placing*) dan memadat (*compaction*). *Self Compacting Concrete* mampu mengalir sendiri, mampu memenuhi atau mengisi bekisting (*formwork*), dan mencapai kepadatan tertingginya. Beton yang keras adalah beton yang padat (masif), homogen, dan mempunyai sifat fisik, sifat mekanik dan durabilitas yang sama dengan beton konvensional yang memerlukan proses penggetaran (*The European Guidelines for SCC, 2005*). SCC dapat mengalir mengandalkan berat sendirinya, mengisi ruang dalam bekisting dan mencapai pemadatan walaupun pada kondisi yang rapat dengan tulangan (*The European Guidelines for SCC, 2005*). Oleh karena itu, SCC dapat mempermudah pelaksanaan di lapangan, karena mempunyai tingkat workabilitas yang tinggi. SCC yang mengeras bersifat padat, homogen dan mempunyai sifat-sifat *engineer* dan durabilitas yang sama dengan beton konvensional yang digetarkan (*The European Guidelines for SCC, 2005*). Beberapa metoda yang telah diterapkan (*Okamura, Ouchi, 2003*) untuk memperoleh sifat beton yang *self-compactibility* adalah :membatasi kandungan agregat, rasio *water-powder* yang rendah dan penggunaan bahan *additive* seperti *superplasticizer*.

### 2.3.2 Keunggulan SCC

Adapun beberapa keunggulan dari *Self Compacting Concrete* apabila ditinjau dari segi durabilitas antara lain :

- a) Meningkatkan homogenitas dari beton.
- b) Dapat membungkus tulangan dengan baik
- c) Porositas dari matrik beton yang rendah
- d) *No carbonation*.  
Apabila ditinjau dari segi produktivitasnya :
  - a) Pengecoran yang lebih cepat
  - b) Pemompaan yang lebih mudah
  - c) Tidak memerlukan pekerjaan pemadatan lagi  
Sedangkan apabila ditinjau dari segi tenaga kerja :
    - a) Human Error akibat pemadatan yang kurang sempurna dapat dihilangkan
    - b) Tidak ada polusi udara akibat vibrator
    - c) Tidak terjadi Hand Arm Vibration Syndrome (HAVS)
    - d) Tidak terjadi white fingers akibat gangguan peredaran darah.

SCC juga dapat menghemat biaya pekerja kurang lebih sebesar 50% (*wikipedia/self consolidating concrete*).

### 2.3.3 Kriteria SCC

*Self-compactibility* sebagian besar dapat disebabkan oleh karakteristik dari material dan proporsi dari campuran yang digunakan. (*Okamura dan Ouchi,2003*).

Kriteria *workability* dari campuran beton yang baik pada SCC adalah mampu memenuhi kriteria berikut (*Sugiharto,2006*) :

1. *Fillingability*, kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan (*slump cone test*).
2. *Passingability*, kemampuan campuran beton untuk melewati struktur ruangan yang rapat (*L-shaped box test, V funnel test*).

3. *Segregation resistance*, kemampuan beton untuk tetap homogen selama dan setelah terjadinya proses pengecoran terjadi (*Wustholz, 2003*)

Kemampuan berdeformasi yang tinggi dapat diperoleh hanya dengan penggunaan *superplasticizer*, dengan tetap menjaga rasio *water-powder* agar tetap rendah (*Okamura dan Ouchi, 2003*). Beberapa metoda yang telah diterapkan (*Okamura dan Ouchi, 2003*) untuk memperoleh sifat beton yang *self-compactibility* adalah : membatasi kandungan agregat, rasio *water-powder* yang rendah dan penggunaan bahan *additive* seperti *superplasticizer*.

### 2.3.4 Penelitian Sebelumnya

Adapun beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan *Self Compacting Concrete*, antara lain :

#### 2.3.4.1. (Handoko, 2001)

Ada beberapa percobaan yang telah dilakukan berkaitan dengan *Self Compacting Concrete*, yaitu penggunaan *fly ash* dan *viscocrete* pada SCC. Pada percobaan tersebut untuk komposisi semen dengan bahan pengisi *fly ash* dilakukan dengan komposisi binder (semen : *Fly ash*) 10:0, 8:2, 7:3, 6:4 dan sampai batas *flowability* dan *workability* yang dapat dikerjakan , yaitu 5:5. Penggunaan dosis *viscocrete* 1,5% dan 2% tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada tiap komposisi binder. Dari segi *workability*, *flowability*, dan kuat tekan beton, komposisi binder 6:4 dan dosis *viscocrete* 1,5% merupakan kondisi yang optimal.

#### 2.3.4.2. (D.E.Frank, P.E, 2001)

Di dalam mix design pada percobaan yang dilakukan, mudah untuk dipompa *De A. Frank, P.E*

(2001), digunakan agregat yang terbaik, portland semen, *fly ash*, *limestone powder*, *blast furnace slag*, dan *silica fume*. Dari percobaan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan tentang *Self Compacting Concrete*, antara lain:

- ✓ Tidak perlu menggunakan vibrator dalam pematatannya, sehingga dapat mengurangi bahaya *Hand-arm Vibration Syndrome* (HaVS).
- ✓ Pengerjaannya semakin cepat sehingga efisiensi produktifitasnya bagus
- ✓ Meningkatkan kuat tekan awal
- ✓ Konsistensi faktor air semen kurang dari 0.35
- ✓ Meningkatkan permeabilitas
- ✓ Mudah untuk dipompa .

#### 2.3.4.3. (Vanda C, Fenny V, 2004)

Hasil penelitian *Self Compacting Concrete* yang telah dilakukan menunjukkan dosis optimum *viscocrete* optimal agar memenuhi persyaratan *flowability* adalah 1.5%. Komposisi optimal untuk menghasilkan nilai adsorpsi yang rendah adalah *fly ash* 20% dan *viscocrete* 2%, serta *silica fume* 5% dan *viscocrete* 2%. Sedangkan komposisi optimal untuk menghasilkan kuat tekan yang tinggi adalah *fly ash* 30%, dan *viscocrete* 2%. serta *silica fume* 10% dan *viscocrete* 1.5%.

## 2.4 Material penelitian tugas akhir

Adapun material yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### 2.4.1 Agregat

Menurut ASTM C 125-03, Agregat adalah material berbentuk butiran, misalnya pasir, kerikil, dan batu pecah yang dipakai bersama bahan perekat untuk membentuk adukan semen (mortar) atau

beton. Di dalam beton agregat (halus dan kasar) mengisi sebagian besar volume beton, yaitu antara 50% hingga 80%, sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat dan mutu beton (*Samekto W, 2001*).

Agregat terdiri dari 2 jenis, yaitu agregat kasar (*coarse aggregate*) dan agregat halus (*fine aggregate*)

\* Agregat Halus

Agregat halus dalam hal ini adalah pasir. Agregat halus didefinisikan sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau hasil industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Sedangkan untuk *Self Compacting Concrete* Komposisi agregat kasar pada pembuatan SCC lebih kecil dibandingkan dengan pada pembuatan beton konvensional. Pada beton konvensional, komposisi agregat kasarnya adalah  $\pm 70-75\%$  dari total volume beton sedangkan pada SCC agregat kasar dibatasi jumlahnya sekitar kurang lebih 50 % dari total volume beton supaya bisa mengalir dan memadat sendiri tanpa alat pemadat (*Sugiharto, Kusuma, Himawan, Dharma, 2001*).

Jarak antar tulangan menjadi faktor yang penting dalam menentukan ukuran agregat maksimum. SCC harus mengalir melewati tulangan tanpa disertai oleh adanya blocking akibat agregat kasar. Umumnya, ukuran agregat maksimum berkisar antara 12-20 mm (*The European Guidelines for SCC, 2005*).

Disribusi ukuran partikel dan tekstur permukaan dari agregat kasar secara langsung berpengaruh pada Flowing ability, Passing Ability dan kebutuhan pasta dari SCC. Semakin banyak ukuran partikel berbentuk bola dalam

agregat maka semakin sedikit kemungkinan terjadinya *blocking* dan semakin besar pula *flowing ability* SCC yang disebabkan karena berkurangnya *internal friction* (*The European Guidelines for SCC, 2005*).

#### ▪ Agregat Kasar

Agregat kasar terbagi menjadi kerikil (alami) dan batu pecah (industri). Agregat kasar didefinisikan sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah hasil industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir 5,0 mm sampai dengan 40 mm. Sedangkan untuk SCC memerlukan agregat halus yang lebih banyak dibandingkan dengan beton konvensional (*Sugiharto, Kusuma, Himawan, Dharma, 2001*). Kadar aggregate halus pada mortar SCC umumnya mendekati 60 % dari total volume mortar beton (*Okamura, Ouchi, 2003*).

Agregat halus lebih banyak berpengaruh pada sifat SCC segar daripada agregat kasar (*The European Guidelines for SCC, 2005*). Ukuran partikel yang lebih kecil dari 0,125 mm diperhitungkan sebagai bubuk halus yang terdapat pada pasta sehingga harus dipertimbangkan dalam menghitung rasio *water-powder* (*The European Guidelines for SCC, 2005*).

#### 2.4.2 Air

Air merupakan salah satu bagian yang penting dalam pembuatan beton, karena air diperlukan sebagai pembuat pasta semen serta menjadi menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan. Namun jumlah air yang dipakai tidak boleh terlalu banyak, karena akan menyebabkan kekuatan beton menurun dan

beton menjadi porus. Demikian juga jumlah air tidak boleh terlalu sedikit, sehingga beton menjadi sulit dikerjakan. Untuk pencampur beton haruslah air tawar yang mempunyai pH (derajat keasaman) antara 6 sampai 8. Jumlah air yang dipakai di dalam beton dinyatakan dalam fas (faktor air semen), yang menyatakan berat air semen dengan semen dalam campuran beton.

### 2.4.3 Semen

Menurut ASTM C 595 2002, semen portland adalah bahan pengikat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klingker, terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang dicampur dengan bahan tambahan yaitu gypsum. Sehingga dapat disimpulkan komponen utama dari semen portland adalah :

- ✱ Batu kapur yang mengandung komponen  $\text{CaO}$  (kapur, *lime*)
- ✱ Lempung yang mengandung komponen  $\text{SiO}_2$  (silika),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (*oksida alumina*),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (oksida besi) serta gypsum

Sesuai kebutuhannya, menurut ASTM ada beberapa tipe semen, antara lain tipe 1 (untuk bangunan beton biasa), tipe 2 (tahan sulfat dan panas hidrasi sedang), tipe 3 (semen yang cepat mengeras), tipe 4 (panas hidrasi rendah), dan tipe 5 (tahan sulfat tinggi).

Semen portland yang dipakai adalah Semen Tipe 1 dari Semen Gresik dimana jenis semen ini untuk keperluan beton mutu tinggi adalah memadai karena beton mutu tinggi (*high strength concrete*) maupun SCC tidak memerlukan semen khusus dari salah satu produksi pabrik tertentu.

#### 2.4.4 Fly Ash

*Fly ash* merupakan limbah dari hasil pembakaran batubara, dimana material ini lebih halus jika dibandingkan dengan semen dan sebagian besar berbentuk bulatan bening (*Federal Highway Administration, 2004*). *Fly ash* atau juga disebut abu terbang mempunyai sifat pozolan dengan ukuran butiran yang sangat halus. Dengan komposisi tertentu dari berat semen, abu terbang dapat dijadikan sebagai bahan tambahan campuran beton untuk meningkatkan kualitas beton dalam hal kekuatan, kedap air dan ketahanan terhadap sulfat. Sebagai bahan campuran beton dalam hal kekuatan, kedap air dan ketahanan terhadap sulfat. Sebagai bahan campuran beton, maka mutu dari abu terbang harus memenuhi persyaratan kimia dan fisik berdasarkan ASTM C 618 – 96. Untuk mengetahui pengaruh ukuran butir dan komposisi abu terbang yang berfungsi sebagai bahan pengisi dan pozolan di dalam campuran beton, perlu dilakukan penelitian terhadap bahan fly ash tersebut.

Dari penelitian – penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (*Nawy, 2001*), sebagai gambaran, Fly ash mengandung komposisi penyusun kimia sebagai berikut:

1.  $\text{SiO}_2$  (Silika)
2.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Alumina)
3.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Feri Oksida)
4.  $\text{CaO}$  (Kalsium Oksida)
5.  $\text{Na}_2\text{O}$  (Alkali Oksida)

Menurut ACI Committee 232-2004, diambil dari (*Hardjito, 2005*), fly ash didefinisikan sebagai sisa serbuk halus yang merupakan hasil dari pembakaran tanah atau batubara dan dipindahkan

oleh cerobong asap dari zona pembakaran menuju sistem pembersihan partikel. Bentuk fly ash berupa bulatan-bulatan yang lebih halus daripada *Portland Cement* ( PC ),diameter berkisar antara 1 $\mu$ m sampai 150  $\mu$ m.

Pada tahun 2010,jumlah produksi fly ash di seluruh dunia ditaksir sekitar 780 juta ton (*Malhotra,2002* ),diambil dari (*Hardjito,2005*).Di Indonesia sendiri,dengan semakin banyaknya industri serta PT.PLN ( Persero ) yang mengoperasikan PLTU ( Pembangkit Listrik Tenaga Uap ) yang menggunakan batubara sebagai bahan bakarnya,semakin banyak pula fly ash yang dihasilkan( Ahmad Nurhadi,2006 ). Permasalahannya adalah ada pada pembuangan fly ash itu sendiri,yang tentu saja akan mengancam kelestarian lingkungan. Hal ini dikarenakan ukuran fly ash yang kecil menyebabkan ia mudah beterbangan dan mengotori udara. Selain itu, logam-logam berat yang dikandungnya dapat dengan mudah larut dan mencemari sumber-sumber air. Untuk melarutkan unsur-unsur silikon dan aluminium yang terkandung dalam fly ash serta memungkinkan terjadinya reaksi kimiawi,digunakanlah suatu larutan alkaline (*Hardjito ,2002*).

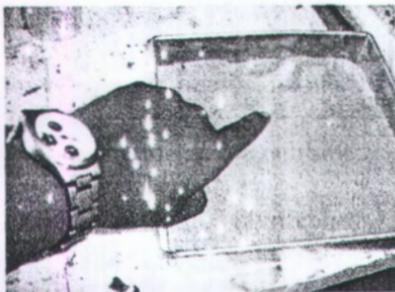
Salah satu cara untuk memanfaatkan fly ash agar tidak mencemari lingkungan adalah dengan cara memanfaatkannya sebagai campuran dalam pembuatan beton atau bahkan mengganti semen dalam proses pembuatan beton dengan dibantu larutan alkalin (*Hardjito ,2002*).Penggunaan fly ash, khususnya dalam pembuatan beton selain mempunyai keuntungan lingkungan, juga bisa menambah keawetan beton itu sendiri, menurunkan penggunaan energi serta bisa menurunkan emisi gas

CO<sub>2</sub> yang menyebabkan timbulnya efek rumah kaca ( ACAA,2003 ) ,diambil dari (*Hardjito ,2005*). Sebagai pengganti semen, fly ash memegang peranan yang penting sebagai pozzolan buatan, dimana silikon dioksida ( SiO<sub>2</sub> ) bereaksi dengan Calcium hidroksida ( Ca(OH)<sub>2</sub> ) dari proses hidrasi semen membentuk Calcium Silikat Hidrate ( C-S-H ) gel.Bentuk fly ash yang bulat sering meningkatkan workability beton segar,disamping ukurannya yang kecil juga berfungsi sebagai filler ( pengisi ) rongga dalam beton yang selanjutnya membuat beton lebih awet dan rapat (*Hardjito ,2004* ).

Pencapaian penting fly ash dalam mereduksi penggunaan semen adalah perkembangan HVFA ( High Volume Fly Ash ) yang mampu mereduksi penggunaan Portlad Cement sampai 60 %,dimana beton yang dihasilkan lebih awet dan efisien daripada beton *Portland Cement* ( PC ) (*Malhotra,2002*), diambil dari (*Hardjito ,2005*). Selain itu,terdapat pula sebuah konstruksi jalan di India yang menggunakan fly ash dan mampu mereduksi penggunaan semen hingga 50 % (*Desai,2004* ), diambil dari (*Hardjito ,2005*).

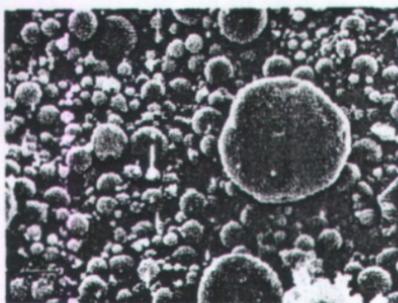
Seperti telah disinggung sebelumnya bahwa fly ash dibedakan atas 2 macam, yakni fly ash kelas C ( *high calcium* ) dengan kadar kalsium diatas 20% serta fly ash kelas F ( *low calcium* ),dimana kadar kalsium yang dikandung tidak lebih dari 10% serta komposisi utamanya adalah aluminat silikat.Warna dari fly ash bisa bermacam-macam mulai dari coklat hingga abu-abu gelap,tergantung dari mineral penyusun dan komposisi kimiawinya (*Malhotra,Ramenzianinpour,1994 ; ACAA,2003* )

, diambil dari (*Hardjito, 2005*). Pada tugas akhir ini digunakan fly ash kelas C.



*Gambar 2.1*

*Gambar Fly Ash jika dilihat dengan mata telanjang*



*Gambar 2.2*

*Fly Ash jika dilihat dengan menggunakan SEM (Welping Ma, 1995)*

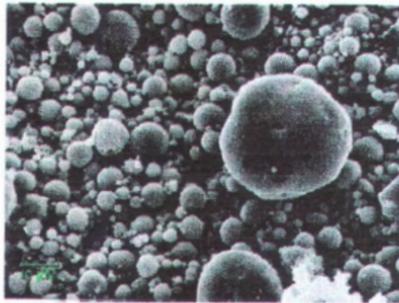
Fly Ash merupakan bahan tambah yang bersifat aktif bila dicampur dengan kapur atau, dan dengan campuran tersebut memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada beton normal maupun beton yang hanya menggunakan fly ash saja (*Aswin Budhi, 2008*), hal ini dikarenakan fly ash bereaksi dengan kapur yang memiliki butiran yang lebih halus sehingga menjadi perekat berukuran kecil yang mampu membuat beton semakin padat sehingga pori-pori pada beton

, diambil dari (*Hardjito, 2005*). Pada tugas akhir ini digunakan fly ash kelas C.



*Gambar 2.1*

*Gambar Fly Ash jika dilihat dengan mata telanjang*



*Gambar 2.2*

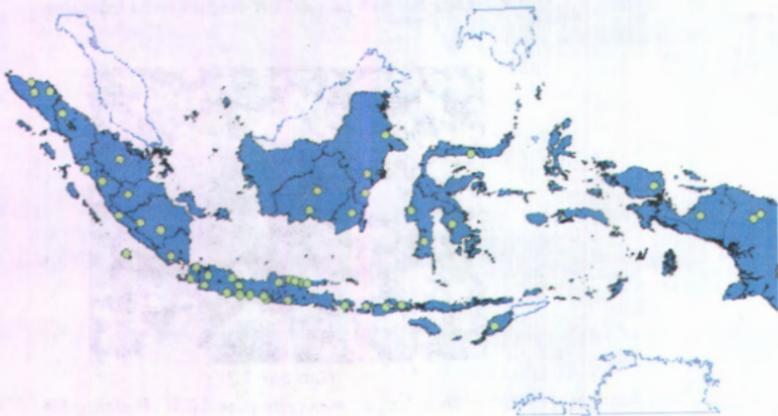
*Fly Ash jika dilihat dengan menggunakan SEM (Welping Ma, 1995)*

Fly Ash merupakan bahan tambah yang bersifat aktif bila dicampur dengan kapur atau, dan dengan campuran tersebut memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada beton normal maupun beton yang hanya menggunakan fly ash saja (*Aswin Budhi, 2008*), hal ini dikarenakan fly ash bereaksi dengan kapur yang memiliki butiran yang lebih halus sehingga menjadi perekat berukuran kecil yang mampu membuat beton semakin padat sehingga pori-pori pada beton

dapat tertutupi dengan sempurna. (*Aswin Budhi, 2008*)

#### 2.4.5 Kapur (Lime)

Sumber daya kapur yang terkandung di negara kita sangatlah besar. Sebagian besar dari batuan-batuan ini terdapat dalam bentuk senyawa kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang hampir tersebar di seluruh kepulauan di Indonesia (*Jiunkpee, 2005*)



*Gambar 2.3*  
*Peta persebaran Kapur di Indonesia (Kementruan ESDM, 2005)*

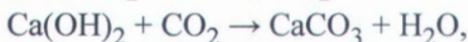
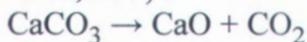
Bahan dasar dari kapur adalah batu kapur (*limestone*). Batu kapur mengandung Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), dengan pemanasan (kurang lebih  $840^\circ \text{C}$ ) karbon dioksidanya keluar dan tinggal kapurnya saja ( $\text{CaO}$ ) (*Qunik Wiqoyah, 2005*)



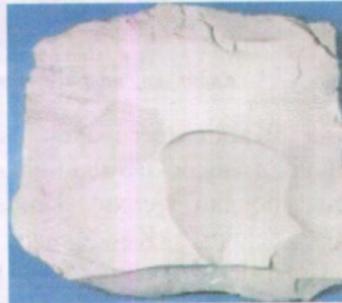
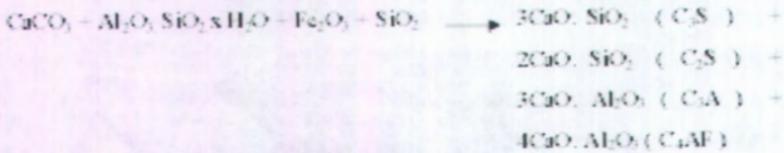
*Gambar 2.4*

*Kapur yang nantinya akan digunakan*

Kapur merupakan perekat klasik dalam bangunan sejak berabad-abad yang lalu. Kapur dibuat dengan memanaskan *limestone* pada suhu  $940^{\circ}$  celcius. Kandungan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dari *limestone* akan melepaskan  $\text{CO}_2$  dan menghasilkan *burnst lime* atau *quicklime* ( $\text{CaO}$ ). Produk ini bereaksi cepat dengan cepat dengan air menghasilkan  $\text{Ca(OH)}_2$  dalam butir yang halus, dan selanjutnya  $\text{Ca(OH)}_2$  ini akan bereaksi dengan  $\text{CO}_2$  dari udara dan mengeras menjadi kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) kembali dan juga bereaksi dengan senyawa-senyawa silikat yang menghasilkan senyawa Calsium Silikate Hydrate yang bersifat sebagai perekat batuan, inilah reaksinya (*Ahmad Syaiful Bahri, 1999*) :



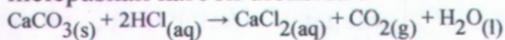
Selain itu kapur kalsium karbonat yang dimanfaatkan untuk semen mempunyai reaksi sebagai berikut :



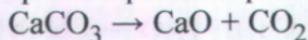
Gambar 2.5  
Limestone di Indonesia (Kementerian ESDM, 2005)

sedangkan sifat-sifatnya adalah (*wikipedia /lime powder*) :

- a) Dapat bereaksi dengan asam kuat, dan melepaskan karbon dioksida :



- b) Karbon dioksida tersebut dapat hilang apabila dipanaskan pada suhu  $940^\circ\text{C}$  :



- c) Dapat berubah menjadi *calcium bicarbonate* jika bereaksi dengan air dalam keadaan jenuh karbon dioksida :



Di Indonesia terdapat beberapa batuan yang mengandung senyawa karbonat, antara lain :

batu kapur, batu kapur kerang, dan batu kapur magnesia. Dari padanya dihasilkan kapur untuk bahan bangunan. Sebagian terbesar dari batuan ini terdapat dalam bentuk senyawa Kalsium Karbonat, terbesar hampir diseluruh kepulauan Indonesia (*Setiardjo, 1975*).

Batu kapur (Gamping) dapat terjadi dengan beberapa cara, yaitu secara organik, secara mekanik, atau secara kimia. Sebagian besar batu kapur yang terdapat di alam terjadi secara organik, jenis ini berasal dari pengendapan cangkang/rumah kerang dan siput, foraminifera atau ganggang, atau berasal dari kerangka binatang koral/kerang. Batu kapur dapat berwarna putih susu, abu muda, abu tua, coklat bahkan hitam, tergantung keberadaan mineralnya. Mineral karbonat yang umum ditemukan berasosiasi dengan batu kapur adalah aragonit ( $\text{CaCO}_3$ ), yang merupakan mineral metastable karena pada kurun waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ). Mineral lainnya yang umum ditemukan berasosiasi dengan batu kapur atau dolomit, tetapi dalam jumlah kecil adalah Siderit ( $\text{FeCO}_3$ ), ankarerit ( $\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$ ), dan magnesit ( $\text{MgCO}_3$ ). Penggunaan batu kapur sudah beragam diantaranya untuk bahan kaptan, bahan campuran bangunan, industri karet dan ban, kertas, dan lain-lain. Potensi batu kapur di Indonesia sangat besar dan tersebar hampir merata di seluruh kepulauan Indonesia. Sebagian besar cadangan batu kapur Indonesia terdapat di Sumatera Barat (*Kementerian ESDM 2005*). Berikut ini adalah statistik tentang sumber daya kapur yang ada di Indonesia antara tahun 1997-2003 (*Central Bureau of Statistics*) :

	2006	2007	2001	2000	1999	1998	1997
Production, tons	431,569.71	460,052.25	481,000.00	375,000.00	205,000.00	375,000.00	375,000.00
Consumption, tons	483,877.00	481,398.14	440,950.73	365,328.14	202,200.17	372,091.34	746,394.37
Export, tons	2,757.85	21,822.37	142.70	10,271.06	14,246.66	2,000.00	1,457.00
Import, tons	450.55	476.49	171.79	428.13	260.15	535.60	1,037.56

Tabel 2.1

Data Statistik sumber daya kapur di Indonesia

Di dalam batu kapur terdapat sekitar 95 % kalsium karbonat. (CRC, 2007), kalsium karbonat dapat ditemukan secara alami dalam mineral atau batuan sebagai berikut yaitu aragonit, kalsit, kapur, *limestone*, pualam, dan *travertine*. Untuk mengetahui apakah sebuah mineral atau batuan mengandung kalsium karbonat dapat digunakan asam kuat seperti asam klorida. Apabila ditetaskan ke mineral atau batuan, maka akan menghasilkan karbondioksida dan air. (CRC, 2007).

Dalam hal ini kapur ditambahkan dalam campuran beton dengan tujuan sebagai pengikat fly ash dan agregat sehingga menimbulkan reaksi pengikatan pada beton tersebut. Hal ini dikarenakan fly ash bereaksi dengan kapur yang memiliki butiran yang lebih halus sehingga menjadi perekat berukuran kecil yang mampu membuat beton semakin padat sehingga pori-pori pada beton dapat tertutupi dengan sempurna. Sehingga dengan campuran tersebut memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada beton normal maupun beton yang hanya menggunakan fly ash saja (Aswin Budhi, 2008).

#### 2.4.6 Larutan Viscocrete 10

Viscocrete adalah chemical admixture berjenis High Range Water Reducer (HRWR) berbasis polycarboxylate yang berfungsi untuk menyebarkan partikel semen menjadi merata dan memisahkan menjadi partikel-partikel halus sehingga reaksi pembentukan kalsium silikat hidrat (CSH) menjadi merata dan aktif. Daya alir pasta semen akan meningkat sehingga menyebabkan beton segar menjadi dapat mengalir dan memadat dengan mengandalkan berat sendiri.

Adapun keuntungan apabila kita menggunakan viscocrete pada beton segar yaitu dapat meningkatkan workability beton, dan dapat meningkatkan homogenitas beton. Sedangkan pada beton keras, viscocrete dapat meningkatkan densitas beton, meningkatkan kuat tekan beton, meningkatkan durabilitas beton, mengurangi terjadinya susut dan retak, dan dapat mengurangi terjadinya karat pada besi tulangan (*Vanda C, Fenny V, 2004*). Dosis batas pemakaian dari Viscocrete<sup>10</sup> yang nantinya akan digunakan (sesuai anjuran pemakaian) adalah sekitar 0.6%-1.8% (*Sika Nusa Pratama*).



## BAB III

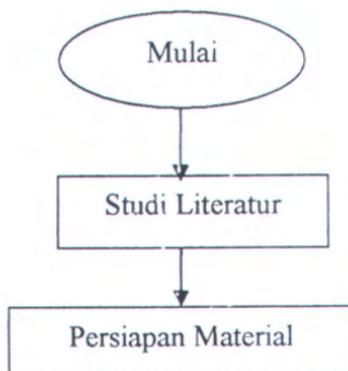
### METODOLOGI PENELITIAN

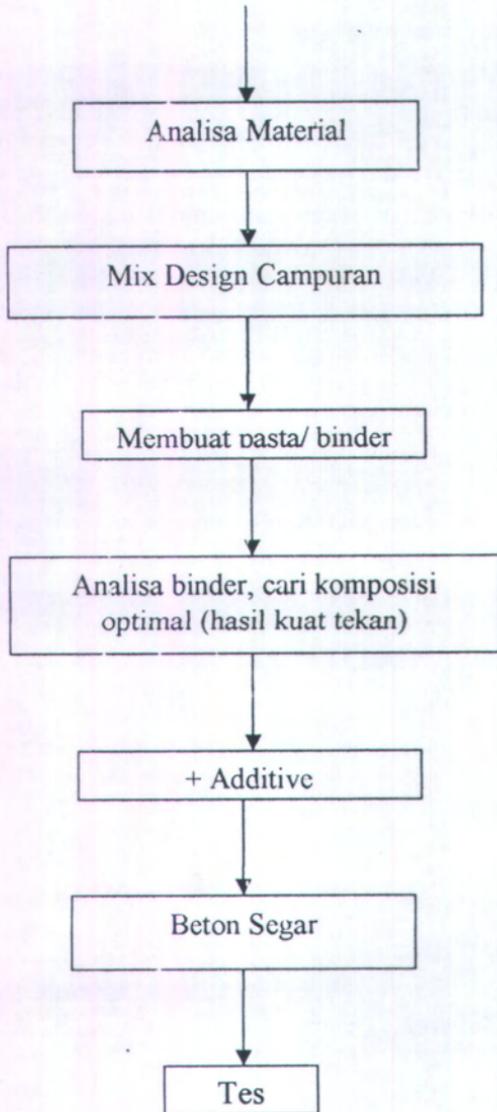
Metodologi sangat diperlukan dalam sebuah penelitian. Hal ini penting agar penelitian yang dilakukan dapat lebih terarah sehingga hasil yang didapatkan bisa lebih optimum. Adapun metodologi penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

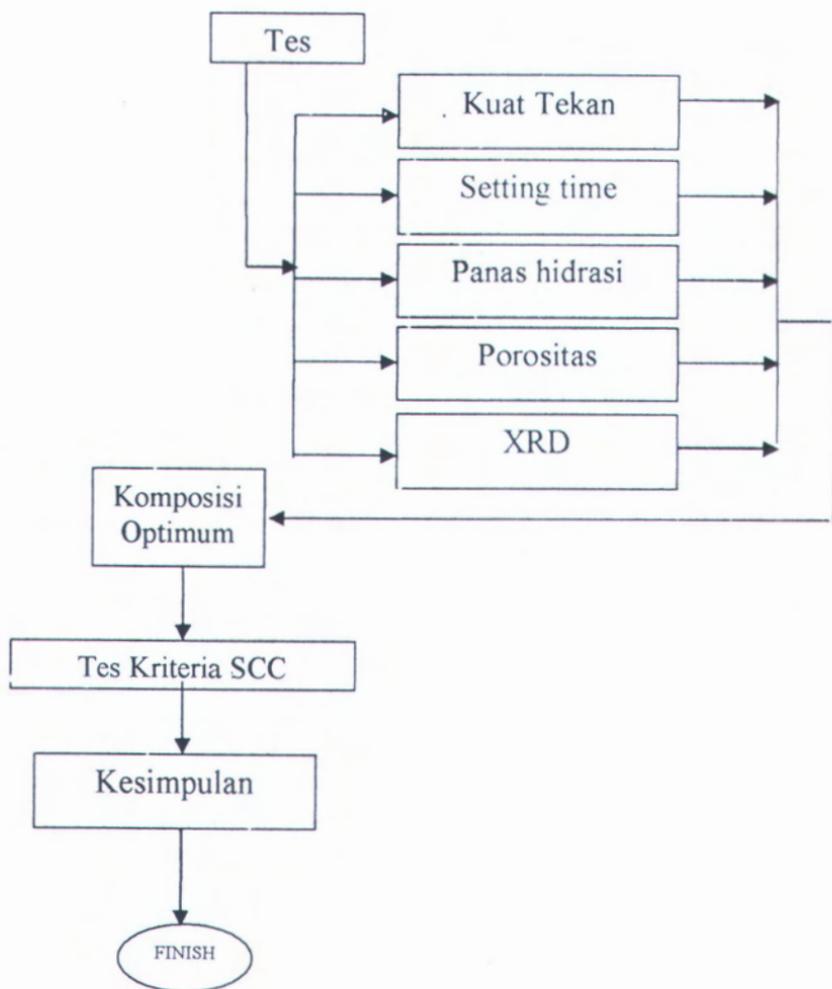
#### 3.1 Langkah – langkah penelitian :

- a) Penentuan ide penelitian
- b) Penentuan judul penelitian
- c) Studi pustaka
- d) Menentukan diagram alir penelitian
- e) Persiapan alat dan material
- f) Pembuatan benda uji
- g) Analisa hasil
- h) Penentuan kesimpulan
- i) Presentasi
- j) Revisi Laporan

#### 3.2 Flowchart Penelitian :







Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Dari masing-masing campuran diambil untuk dibuat benda uji mortar dan beton.

### 3.3 Rancangan dan Instrumen Penelitian

Penelitian dimulai dengan studi literatur dari berbagai macam sumber, antara lain dari referensi-referensi buku, maupun jurnal-jurnal terbaru yang ada. Setelah didapatkan data-data yang diperlukan dalam penelitian maka kita menyusun bahan atau material apa saja yang dibutuhkan, setelah itu barulah kita mendatangkan material yang kita butuhkan, terutama Kapur.

Tahap selanjutnya adalah pengujian material-material yang dipakai dalam penelitian. Pengujian dilakukan dengan tujuan apakah material yang dipakai memenuhi persyaratan sesuai standart yang digunakan. Apabila ada material yang tidak memenuhi persyaratan, maka dilakukan perbaikan (misalnya : mencuci agregat yang kadar lumpurnya di atas batas yang disyaratkan) atau penggantian material.

Komposisi pemakaian Kapur sebagai *cementitious* dalam beton sebesar 0% ; 10% ; 15% ; 20% ; 25% ; 30% terhadap berat portland semen. Selain Kapur sebagai *cementitious*, dilakukan pula penelitian terhadap beton normal sebagai pembanding. Rancangan campuran (*mix design*) untuk beton normal menggunakan *ACI method*. Untuk penelitian pasta dilakukan untuk mengetahui secara detail susunan senyawa yang terjadi di dalam beton dengan analisa mikro, yaitu analisa XRD (*X Ray Diffractometer*) yang berguna untuk mengetahui senyawa mineral yang terjadi di dalam pasta semen.

#### 3.3.1 Penentuan Judul

Penentuan Judul didasarkan atas perkembangan teknologi beton dalam hal ini adalah *Self Compacting Concrete* (SCC) di negara-negara maju seperti negara Jepang (*Masahiro Ouchi & Sada-aki Nakamura, 2003*)

### 3.3.2 Persiapan Material

- a) Semen, menggunakan semen portland tipe 1, produksi dari PT.Semen Gresik, dengan standar mutu mengacu pada ASTM C 150 dan SII 0013-81, karena untuk beton mutu tinggi maupun SCC tidak memerlukan semen khusus dari salah satu produksi pabrik tertentu.
- b) Kapur, yang didapatkan dari distributor
- c) Fly ash, didapatkan dari distributor
- d) Viscocrete, memiliki tipe viscocrete<sup>10</sup> produksi PT. Sika Nusa Pratama
- e) Pasir, didapatkan dari sungai brantas
- f) Kerikil, berasal dari daerah Mojokerto
- g) Air, yang dipakai adalah air yang berasal dari PDAM.

### 3.3.3 Analisa Material

Untuk mengetahui dan memastikan bahwa semua bahan-bahan untuk pembuatan benda uji memenuhi persyaratan maka dilakukanlah analisa material.

#### 3.3.3.1 Analisa Semen (SNI 15-2049-94)

Analisa terhadap sifat fisik dan kimia semen tidak dilaksanakan sendiri di laboratorium, tapi menggunakan hasil pengujian semen portland jenis I dari PT Semen Gresik. Standar mutu yang digunakan adalah SNI 15-2049-94.

#### 3.3.3.2 Analisa fly ash

Analisa terhadap *fly ash* dimaksudkan untuk mendapatkan penggolongan dari kelas *fly ash*. Analisa *fly ash* dilakukan dengan cara mencari jenis dan jumlah senyawa yang terkandung di dalamnya. Standar mutu *fly ash* yang digunakan adalah ASTM C 618-94.

Kehalusan fly ash diperoleh dengan menggunakan analisa ayakan, dimana *fly ash* dengan kehalusan I diayak kembali dan hasil ayakan yang lolos ayakan # 200 atau yang tertahan di Pan dipergunakan sebagai fly ash dengan kehalusan II. Untuk analisa komposisi digunakan tes XRD.

### 3.3.3.3 Percobaan Berat Jenis Pasir (ASTM C 128-93)

#### ❖ Tujuan

Untuk mengetahui berapa besar berat jenis yang dimiliki agregat halus dalam hal ini berat jenis pasir.

#### ❖ Peralatan

- Labu takar 1000 cc
- Timbangan 2600 gram
- Oven
- Pan
- Hair dryer/ kipas angin
- Kerucut dan rojokan SSD

#### ❖ Bahan

- Pasir

#### ❖ Prosedur

- Penyiapan pasir untuk kondisi SSD :
  1. Rendam pasir 24 jam selanjutnya angkat dan tiriskan hingga airnya hilang.
  2. Keringkan dengan hair dryer atau kipas angin sambil dibolak balik dengan sendok untuk mencari keadaan SSD.
  3. Tempatkan kerucut SSD pada bidang deatar yang tidak mengisap air.
  4. Isi kerucut SSD 1/3 tingginya dan rojok 8 kali, isi lagi 1/3 tinggi dan rojok 8 kali, isi lagi 1/3 tinggi dan rojok 8 kali.
  5. Ratakan permukaannya dan angkat kerucunya, bila pasir masih berbentuk kerucut maka pasir belum SSD.
  6. Keringkan lagi bila dan ulangi lagi pengisian dengan prosedur sebelumnya, bila kerucut diangkat

dan pasir gugur tetapi berpuncak maka pasir sudah dalam kondisi SSD dan siap untuk digunakan dalam pengujian.

- Timbang labu takar 1000 cc.
- Timbang pasir kondisi SSD sebanyak 500 gram dan masukkan pasir ke dalam labu takar dan timbang.
- Isi labu takar yang berisi pasir dengan air bersih hingga penuh.
- Pegang labu takar yang sudah berisi air dan pasir posisi miring, putar ke kiri dan kanan hingga gelembung-gelembung udara dalam pasir keluar.
- Sesudah gelembung-gelembung keluar tambahkan air ke dalam labu takar hingga batas kapasitas dan timbang ( $w_1$ ).
- Keluarkan pasir dan air dari dalam labu takar dan labu takar dibersihkan kemudian isi labu takar dengan air sampai batas kapasitas dan timbang.
- Rumus yang digunakan :  
Untuk mendapatkan berat jenis pasir, maka digunakan persamaan

$$\text{Berat jenis pasir} = \frac{500}{(500 + W_2) - W_1}$$

Dimana :

$W_1$  = berat labu + pasir + air ( gram )

$W_2$  = berat labu + air ( gram )

#### 3.3.3.4 Percobaan Kelembapan Pasir (ASTM C 556-89)

##### ❖ Tujuan

Untuk mengetahui / menentukan kelembapan pasir dengan cara kering.

##### ❖ Peralatan

- Timbangan Analisa 2600 gram
- Pan
- Oven

- ❖ Bahan
  - Pasir dalam keadaan asli
- ❖ Prosedur
  - Timbang pasir dalam keadaan asli sebanyak 500 gr
  - Masukkan pasir ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur 110 – 115 derajat celcius.
  - Keluarkan pasir dari oven, dibiarkan sampai dingin setelah itu ditimbang beratnya.
- Rumus yang digunakan  
Untuk mendapatkan kelembapan pasir, maka digunakan persamaan :

$$\text{Kelembapan pasir} = \frac{(W2 - W1)}{W2} \times 100 \%$$

Dimana :

W1 = Berat pasir asli ( gram )

W2 = Berat pasir oven ( gram )

### 3.3.3.5 Percobaan Air Resapan (ASTM C 128-93)

- ❖ Tujuan
  - Menentukan kadar air resapan pada pasir
- ❖ Peralatan
  - Timbangan Analisa 2600 gram
  - Pan
  - Oven
- ❖ Bahan
  - Pasir dalam keadaan SSD
- ❖ Prosedur
  - Timbang pasir dalam keadaan SSD sebanyak 500 gr
  - Masukkan pasir ke dalam oven selama 24 jam
  - Pasir dikeluarkan dan setelah dingin baru ditimbang

- ❖ Rumus yang digunakan  
Untuk mendapatkan besarnya air resapan pada pasir digunakan persamaan :

$$\text{Air resapan pada pasir} = \frac{(500 - W1)}{W1} \times 100 \%$$

Dimana :

W1 = Berat pasir oven ( gram )

### 3.3.3.6 Percobaan Berat Volume Pasir (ASTM C 29/C29M-91)

- ❖ Tujuan  
Menentukan berat volume pasir baik dalam keadaan lepas maupun padat.
- ❖ Peralatan
  - Timbangan Analisa
  - Alat perojok besi
  - Takaran berbentuk silinder dengan volume 3 liter
- ❖ Bahan
  - Pasir dalam keadaan SSD
- ❖ Prosedur
  - Tanpa rojokan / bebas
    1. Silinder dalam keadaan kosong ditimbang.
    2. Isi silinder dengan pasir sampai penuh dan angkat setinggi 1 cm.
    3. Silinder dijatuhkan ke lantai sebanyak 3 kali dan ratakan permukannya.
    4. Timbang silinder yang sudah berisi pasir
  - Dengan rojokan
    1. Timbang silinder dalam keadaan bersih dan kosong.

2. Silinder diisi pasir 1/3 bagian dan dirojok 25 kali. Demikian hingga penuh dan tiap 1/3 bagian dirojok 25 kali.
3. Ratakan permukaan pasir dan beratnya ditimbang.

- ❖ Rumus yang digunakan  
Untuk mendapatkan besarnya berat volume pasir digunakan persamaan :

$$\text{Berat volume pasir} = \frac{(W2 - W1)}{V}$$

Dimana :

- W1 = Berat silinder ( Kg )
- W2 = Berat silinder + pasir ( Kg )
- V = Volume Silinder ( liter )

### 3.3.3.7 Tes Kebersihan Pasir Terhadap Bahan Organik (ASTM C 40/C40-92)

- ❖ Tujuan  
Penentuan kadar zat organik dalam agregat yang digunakan di dalam adukan beton.
- ❖ Peralatan
  - Botol bening
  - Penggaris
- ❖ Bahan
  - Pasir asli
  - NaOH
- ❖ Prosedur Pelaksanaan
  - Botol bening diisi pasir sampai ± 130 ml.
  - Tambahkan larutan NaOH 3% sampai 200 ml dan tutup rapat dan kocok botol ± 10 menit.

- Larutan NaOH 3 % merupakan presentase NaOH dalam suatu massa/volume air. Misal dengan massa air 100 gram, maka massa NaOH yang ditambahkan yaitu seberat 3 gram.
- Diamkan selama 24 jam.
- Selanjutnya amati warna cairan di atas permukaan agregat halus yang ada dalam botol, bandingkan warnanya.
- Jika warna cairan dalam botol berisi agregat lebih tua (coklat) warnanya dari pembandingan, berarti dalam agregat berkadar zat organik terlalu tinggi.

### 3.3.3.8 Tes Kebersihan Pasir Terhadap Endapan Lumpur

#### ❖ Tujuan

Menentukan banyaknya kadar Lumpur pasir.

#### ❖ Peralatan

- Botol bening
- Penggaris

#### ❖ Bahan

- Pasir asli
- Air

#### ❖ Prosedur Pelaksanaan

- Botol bening diisi pasir sampai  $\pm 6$  cm.
- Isikan air ke dalam botol hingga hampir penuh dan tutup rapat kemudian di kocok.
- Diamkan selama 24 jam.
- Endapan lumpur dan pasir masing-masing diukur tingginya.

#### ❖ Rumus yang digunakan

Persamaan yang digunakan yaitu :

$$\text{Kebersihan pasir} = \frac{h}{H} \times 100 \%$$

Dimana :

$h$  = Tinggi Lumpur ( mm )

$H$  = Tinggi pasir ( cm )

### 3.3.3.9 Tes Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Pencuciannya (ASTM C 117-95)

❖ Tujuan

Mengetahui kadar lumpur pasir.

❖ Paralatan

- Timbangan analisa 2600 gram
- Saringan No. 200 dan No. 50
- Oven dan pan

❖ Bahan

- Pasir kering oven
- Air

❖ Prosedur pelaksanaan

- Timbangan pasir oven sebanyak 500 gram.
- Pasir di cuci hingga bersih, yaitu dengan mengaduk pasir dengan air berkali-kali hingga tampak bening
- Tuangkan air cucian kedalam saringan No. 200 berkali-kali.
- Pasir yang ikut tertuang dan tinggal diatas saringan kembalikan ke pan.
- Pasir di oven dengan suhu  $110 \pm 5$  derajat celcius.

❖ Rumus yang digunakan

Persamaan yang digunakan :

$$\text{Kebersihan pasir} = \frac{(W1 - W2)}{W1} \times 100 \%$$

Dimana :

$W1$  = Berat pasir kering ( gram )

$W_2$  = Berat pasir bersih kering ( gram )

### 3.3.3.10 Percobaan Kelembapan Batu Pecah (ASTM C 556-89)

#### A. Tujuan

Untuk mengetahui / menentukan kelembapan batu pecah ( agregat kasar ) yang akan digunakan untuk campuran beton

#### B. Peralatan

- Timbangan analisa 2600 gr
- Oven
- Pan

#### C. Bahan

- Batu pecah dalam kondisi asli.

#### D. Prosedur Pelaksanaan

- Timbang batu pecah dalam keadaan asli sebanyak 500 gr.
- Masukkan batu pecah ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur 110 – 115 derajat celcius.
- Keluarkan batu pecah dari oven, dibiarkan sampai dingin setelah itu ditimbang beratnya.

#### E. Rumus yang digunakan

Persamaan yang digunakan yaitu :

$$\text{Kelembapan batu pecah} = \frac{(W_2 - W_1)}{W_2} \times 100 \%$$

Dimana :

$W_1$  = Berat batu pecah asli ( gram )

$W_2$  = Berat batu pecah oven ( gram )

### 3.3.3.11 Percobaan Berat Jenis Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp.93)

#### A. Tujuan

Untuk mengetahui berapa besar berat jenis yang dimiliki agregat kasar dalam hal ini berat jenis batu pecah.

#### B. Peralatan

- Timbangan 25 kg
- Keranjang kawat
- Kain Lap
- Oven

#### C. Bahan

- Batu pecah dalam kondisi SSD

#### D. Prosedur Pelaksanaan

- Batu pecah yang telah direndam selama 24 jam diangkat, kemudian dilap satu persatu.
- Timbang batu pecah sebanyak 3000 gram.
- Masukkan ke dalam keranjang.
- Keranjang berisi batu pecah dimasukkan ke dalam wadah berisi air (posisinya berada di bawah timbangan), lalu timbang beratnya dalam air (keranjang dan batu pecah).

#### E. Rumus yang digunakan

Untuk mendapatkan berat jenis batu pecah, maka digunakan persamaan

$$\text{Berat jenis batu pecah} = \frac{3000}{(W1 - W2)}$$

Dimana :

W1 = berat batu pecah di udara ( gram )

W2 = berat batu pecah di air ( gram )

### 3.3.3.12 Percobaan Air Resapan pada Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp.93)

#### A. Tujuan

Menentukan kadar air resapan pada agregat kasar

#### B. Peralatan

- Timbangan 25 kg
- Oven

#### C. Bahan

- Batu pecah dalam kondisi SSD

#### D. Prosedur pelaksanaan

- Timbanglah batu pecah kondisi SSD sebanyak 3000 gram
- Masukkan ke dalam oven selama 24 jam
- Batu pecah dikeluarkan dan setelah dingin batu pecah ditimbang

#### D. Rumus yang digunakan

Untuk mendapatkan besarnya air resapan pada batu pecah digunakan persamaan :

$$\text{Air resapan pada batu pecah} = \frac{(3000 - W1)}{W1} \times 100 \%$$

Dimana :

W1 = Berat batu pecah oven ( gram )

### 3.3.3.13 Percobaan Berat Volume Batu Pecah (ASTM C 29/C 29 M-91a)

#### A. Tujuan

Menentukan berat volume batu pecah baik dalam keadaan lepas maupun padat.

## B. Peralatan

- Timbangan
- Takaran berbentuk silinder dengan volume 10 liter.
- Alat perojok dari besi dengan diameter 16 mm , panjang 60 cm ujungnya bulat

## C. Bahan

- Batu pecah dalam keadaan kering

## D. Prosedur pelaksanaan

- Tanpa rojokan /lepas
  1. Silinder dalam keadaan kosong ditimbang
  2. Isi silinder dengan batu pecah sampai penuh dan angkat setinggi 1 cm
  3. Silinder dijatuhkan ke lantai sebanyak tiga kali dan permukaanya diratakan
  4. Timbang silinder yang sudah terisi batu
- Dengan rojokan
  1. Timbang silinder dalam keadaan bersih dan kosong
  2. Silinder diisi batu pecah 1/3 bagian dan dirojok 25 kali. Demikian hingga penuh dan tiap 1/3 bagian dirojok 25 kali
  3. Ratakan permukaan batu pecah dan beratnya ditimbang

## E. Rumus yang digunakan

Untuk mendapatkan besarnya berat volume batu pecah digunakan persamaan :

$$\text{Berat volume batu pecah} = \frac{(W2 - W1)}{V}$$

Dimana :

- |    |                               |           |
|----|-------------------------------|-----------|
| W1 | = Berat silinder              | ( Kg )    |
| W2 | = Berat silinder + batu pecah | ( Kg )    |
| V  | = Volume Silinder             | ( liter ) |

### 3.3.3.14 Tes Kebersihan Batu Pecah dari Lumpur/Pencucian (ASTM C 117-95)

#### A. Tujuan

Mengetahui kadar lumpur agregat kasar ( batu pecah )

#### B. Peralatan

- Timbangan analisa 2600 gr
- Oven dan Pan
- Saringan no 200 dan no 50

#### C. Bahan

- Batu pecah kering oven

#### D. Prosedur pelaksanaan

- Timbang batu pecah kering oven sebanyak 1000 gram.
- Batu pecah dicuci dengan cara diberi air dan diaduk-aduk hingga air cucian bersih / tampak bening.
- Tunangkan air cucian ke dalam saringan no 200 berkali-kali
- Batu pecah yang ikut tertuang dan tinggal di atas saringan dikembalikan ke pan
- Batu pecah dioven selama 24 jam dalam suhu 110 – 115 derajat celcius
- Setelah dingin ditimbang.

#### E. Rumus yang digunakan

Persamaan yang digunakan :

$$\text{Kebersihan batu pecah} = \frac{(W1 - W2)}{W1} \times 100 \%$$

Dimana :

W1 = Berat batu pecah kering ( gram )

W2 = Berat batu pecah bersih kering ( gram )

### 3.3.3.15 Tes Keausan Agregat Kasar (ASTM C 131-89)

#### A. Tujuan

Mengetahui persentase keausan batu pecah untuk beton dengan menggunakan mesin Los Angeles.

#### B. Peralatan

- Mesin aus Los Angeles
- Saringan diameter
- Bola baja 12 buah
- Timbangan 2600 gram

#### C. Bahan

- Batu pecah kering oven sebanyak 5000 gram dengan gradasi seperti berikut

Diameter Saringan	Gradasi A
$\Phi 1 \frac{1}{2}'' - 1''$	1250 gr
$\Phi 1'' - \frac{3}{4}''$	1250 gr
$\Phi \frac{3}{4}'' - \frac{1}{2}''$	1250 gr
$\Phi \frac{1}{2}'' - \frac{3}{8}''$	1250 gr

#### D. Prosedur Pengujian

- Batu pecah diayak sebanyak 1250 gr untuk tiap ayakan
- Kumpulkan jadi satu (5000 gram)
- Masukkan ke dalam mesin aus Los Angeles
- Masukkan bola baja 12 buah untuk gradasi A
- Tutup mesin dan baut sekrup dikecangkan
- Putar mesin sebanyak 500 kali (selama kurang lebih 15 menit)

- Setelah  $\pm 15$  menit tutup mesin dibuka, batu pecah dan bola baja dikeluarkan
- Batu pecah disaring dengan ayakan no 12 (1.7 mm)
- Yang tertinggal di atas saringan dicuci lalu di oven 24 jam
- Setelah 24 jam dikeluarkan dan didinginkan, lalu ditimbang

E. Rumus yang digunakan

$$\text{Keausan agregat kasar} = \frac{(W1 - W2)}{W1} \times 100 \%$$

Dimana :

W1 = Berat batu pecah sebelum diabrasi ( gram )

W2 = Berat batu pecah sesudah diabrasi ( gram )

### 3.3.3.16 Percobaan Analisa Saringan Pasir (ASTM C 166-95A)

A. Tujuan

Menentukan distribusi ukuran butiran / gradasi pasir.

B. Peralatan

- Timbangan analisa 2600 gr
- Satu set ayakan ASTM – C33

<b>LUBANG AYAKAN</b>	
No.	Mm
3"	76,2
3/2"	38,1
3/4"	19,1
3/8"	9,5
No. 4	4,76
No. 8	2,38
No. 16	1,1

No. 30	0,59
No. 50	0,297
No. 100	0,149
Pan	0,000

C. Bahan

- Pasir dalam keadaan kering oven

D. Prosedur Pelaksanaan

- Timbang pasir sebanyak 500 gr
- Bersihkan saringan dengan sikat / kuas kemudian di susun
- Masukkan pasir dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas dan di guncang – guncang dengan tangan selama 10 menit.
- Pasir yang tertinggal pada tiap – tiap ayakan ditimbang. Perlu untuk kontrol berat pasir secara keseluruhan adalah 5000 gr.
- Gambarlah hasil prosentase saringan pada grafik analisa ayakan

**3.3.3.17 Percobaan Analisa Saringan Batu Pecah (ASTM C 136-95A)**

A. Tujuan

Menentukan distribusi ukuran butir/ gradasi batu pecah.

B. Peralatan

- Timbangan 25 kg
- Satu set ayakan ASTM dengan diameter

C. Bahan

- Batu pecah dalam keadaan kering oven

#### D. Prosedur Pelaksanaan

- Masukkan batu pecah ke dalam ayakan yang telah disusun dari ayakan yang paling besar ( di atas) sampai ayakan yang paling kecil (paling kecil),
- Kemudian diguncang-guncang selama kurang lebih 10 menit.
- Timbang batu pecah yang tertinggal pada masing – masing ayakan.
- Mengontrol berat total = 15 kg.
- Gambarlah hasil prosentase saringan pada grafik

### 3.4. Uji Parameter Fisik

Uji parameter fisik merupakan suatu uji parameter dimana akan diuji sifat sifat fisik dari benda uji itu sendiri.

#### 3.4.1 Setting Time (ASTM C 191-92)

Setting time merupakan suatu uji untuk mengetahui berapa lama waktu pengikatan awal ( mulai mengikat ) dan pengikatan akhir ( mulai mengeras ) semen konvensional.

##### A. Peralatan :

- ❖ Seperangkat alat vicat
- ❖ Timbangan analisa 2600 gram
- ❖ Stopwatch atau alat ukur waktu lainnya.
- ❖ Gelas takar 100 cc / 20 cc
- ❖ Tempat mengaduk
- ❖ Alat mengaduk
- ❖ Solet perata

##### B. Bahan :

- ❖ Semen

##### C. Prosedur :

- ✓ Campurkan semua bahan yang diperlukan dalam setting time kedalam mixer.

- ✓ Setelah merata, tuangkan adonan kedalam konikel yang ditaruh di atas pelat kaca yang telah disediakan. Diameter konikel yang besar diatas.
- ✓ Setelah diketok-ketok alas kacanya kemudian pasta diratakan menggunakan solet perata untuk kemudian taruh di bawah jarum vicat diameter kecil ( 1 mm ), tunggu 5 menit dihitung mulai semen kontak dengan air.
- ✓ Setelah 5 menit, tempelkan ujung jarum dengan tengah permukaan pasta dan setelah 30 deik jarum distop dan penurunan jarum dibaca dan dicatat.
- ✓ Angkat jarum vicat dan lap jarumnya untuk membersihkan jarum dari pasta yang menempel pada jarum vicat.
- ✓ Setelah 5 menit ditest lagi permukaan pasta tadi, akan tetapi letaknya digeser minimum berjarak 3 mm dari tempat test pertama.
- ✓ Jatuhkan jarum pada pasta dan setelah 30 detik, jarum distop dan dibaca berapa besar penurunannya untuk kemudian dicatat. Setelah itu jarum diangkat dan dilap agar tidak ada bekas pasta yang menempel pada jarum.
- ✓ Begitu seterusnya, setiap 5 menit ditest dan dicatat sampai penurunan kurang lebih 0 mm, maka percobaan dihentikan.
- ✓ Dengan membuat grafik penurunan maka didapat :
  - Waktu pengikatan awal adalah penurunan pada 25 mm.
  - Waktu pengikatan akhir adalah penurunan pada 0 mm.

### 3.4.2 Porositas (ASTM C 642-90)

Test porositas merupakan suatu test untuk mengetahui kadar pori tertutup suatu beton, dimana beton yang baik adalah beton yang mempunyai kadar porositas yang kecil.

#### A. Peralatan :

- ✓ Timbangan
- ✓ Oven
- ✓ Picnometer

#### B. Bahan

- ✓ Benda uji silinder beton dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm

#### C. Prosedur

- ✓ Setelah benda uji berumur 28 hari, beton diambil dan dipotong melingkar menjadi beberapa bagian untuk kemudian diendam. Setelah itu potongan beton direbus dalam air mendidih selama 5 jam.
- ✓ Dalam keadaan basah benda uji ditimbang dalam air ( $= \mu$ )
- ✓ Benda uji ditimbang dalam keadaan SSD ( $= M_h$ )
- ✓ Setelah itu benda uji dimasukkan ke dalam oven  $\pm 100^\circ\text{C}$  selama beberapa hari agar semua air yang ada dalam benda uji keluar semua, dalam keadaan kering tersebut benda uji ditimbang ( $= M_o$ )
- ✓ Benda uji dihaluskan sampai lolos ayakan no. 200-0.063
- ✓ Contoh yang telah dihaluskan ditimbang ( $= m_o$ ) dan dengan alat picnometer diukur volumenya. ( $= V_o$ )
- ✓ Perhitungan :
  - Kepadatan absolut ( $r$ ) adalah perbandingan berat dan volume dalam keadaan halus

$$r = \frac{m_o}{V_o} \quad (3.1)$$

- Kepadatan visual (  $\alpha$  ) adalah perbandingan contoh dalam keadaan kering (  $M_o$  ) terhadap volume yang tampak (  $M_h - \mu$  )

$$\alpha = \frac{M_o}{M_h - \mu} \quad (3.2)$$

- Porositas total (  $p_{tot}$  ) dalam persen adalah perbandingan volume pori terhadap volume yang tampak

$$p_{tot} (\%) = 100 \times (1 - \alpha/r) \quad (3.3)$$

- Porositas terbuka (  $p_{ope}$  ) dalam persen adalah perbandingan volume porositas terbuka terhadap yang tampak.

$$p_{ope} (\%) = 100 \times \frac{(M_h - M_o)}{(M_h - \mu)} \quad (3.4)$$

- Porositas tertutup adalah perbandingan porositas tertutup terhadap volume yang tampak

$$p_{clo} (\%) = p_{tot} - p_{ope} \quad (3.5)$$

### 3.4.3 Pengujian Kehalusan (SNI 03-2530-1991)

Pengujian kehalusan merupakan suatu test untuk mengetahui dan mendapatkan nilai kehalusan dari semen, fly ash dan kapur. Pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pengendalian mutu dari pada yang diuji tersebut.

#### A. Peralatan :

- ✓ Timbangan
- ✓ Saringan standard ASTM (#100.#200) dan penutupnya.
- ✓ Pan

### B. Bahan

- ✓ Benda uji berupa semen portland tipe 1, fly ash, dan kapur sebesar 50 gram.

### C. Prosedur

- ✓ Susun saringan no.100 diatas no.200 dan pan.
- ✓ Timbang berat benda uji W, 50 gram
- ✓ Masukkan benda uji ke dalam saringan no.100, kemudian tutup dengan penutup.
- ✓ Goyang susunan saringan perlahan-lahan dengan tangan selama 3-4 menit, sehingga benda uji yang tertahan di atas saringan sudah bersih dari partikel-partikel halus.
- ✓ Lepaskan pan, kemudian saringan diketok hingga menggunakan tongkat kuas secara perlahan-lahan sehingga partikel halus yang menempel terlepas dari saringan.
- ✓ Lanjutkan penyaringan dengan cara menggoyang-goyangkan saringan perlahan-lahan selama 9 menit.
- ✓ Lanjutkan penyaringan selama 1 menit dengan cara menggerakkan saringan ke kiri dan ke kanan sambil posisi saringan dimiringkan sedikit, kecepatan gerakan kurang lebih 150 kali/menit, setiap 20 kali gerakan, putarlah posisi saringan kurang lebih  $60^\circ$ , penyaringan dihentikan apabila perbedaan berat bagian benda uji yang tertahan di atas saringan tidak lebih dari 0.05 gram untuk interval penyaringan selama 1 menit.
- ✓ Hitung perbandingan berat bagian benda uji yang tertahan di atas saringan dengan menggunakan rumus yang tercantum pada perhitungan.

✓ Perhitungan :

- Perbandingan berat benda uji yang lewat saringan dihitung dengan rumus

$$P_{100} = 100\% - \frac{W_{100}}{W} \times 100\% \quad (3.6)$$

$$P_{200} = 100\% - \frac{W_{200}}{W} \times 100\% \quad (3.7)$$

- $P_{100}$  adalah perbandingan berat benda uji yang lewat saringan no.100 dengan berat benda uji dinyatakan dalam %
- $P_{200}$  adalah perbandingan berat benda uji yang lewat saringan no.200 dengan berat benda uji dinyatakan dalam %
- $W_{100}$  adalah berat bagian benda uji yang tertahan di atas saringan no,100, dinyatakan dalam gram
- $W_{200}$  adalah berat bagian benda uji yang tertahan di atas saringan no,200, dinyatakan dalam gram
- $W$  adalah berat benda uji dalam gram.

### 3.4.3 Curing (SNI 03-2493-1991)

Curing merupakan usaha untuk melindungi benda uji yang telah dibuat dari adanya penguapan air karena uap air yang terbang dari benda uji tersebut bisa mempengaruhi mutu. Dalam curing ini, benda uji dimasukkan kedalam air yang mempunyai suhu kurang lebih 23-25°C

### 3.5 Uji Parameter Mekanik

Uji parameter mekanik merupakan suatu uji parameter dimana akan diuji sifat-sifat mekanik dari benda uji itu sendiri.

### 3.5.1 Tes Kuat Tekan (ASTM C 823-75)

Test kuat tekan ini dilakukan pada saat beton berumur 3,7,14,21,28 dan 56 hari, untuk binder dan mortar 14 dan 28 hari dimana untuk masing-masing komposisi ada 3 sample yang akan dites.

Besarnya angka yang ditunjukkan dalam simpangan maksimum jarum merupakan beban ( P ) yang bekerja membebani benda uji yang masih dalam satuan kg, sehingga untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang diinginkan, beban P tersebut harus dibagi dengan luas permukaan beton ( A ) yang terbebani. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(\text{kg/cm}^2) \quad (3.8)$$

$$\sigma = \frac{P}{g * A} \dots\dots\dots(\text{MPa}) \quad (3.9)$$

dimana :

$\sigma$  = Besar kuat tekan beton (  $\text{kg/cm}^2$  atau MPa )

P = Besar beban yang membebani beton tersebut ( kg )

A = Luas benda uji yang terbebani oleh P (  $\text{cm}^2$  )

g = Percepatan gravitasi =  $9,8 \text{ m/s}^2$

### 3.6 Uji Mikrostruktur

Untuk memahami lebih dalam tentang mikrostruktur pada benda uji dan mengetahui senyawa-senyawa di dalamnya serta pengaruhnya terhadap kecepatan penetrasi maka perlu dilakukan pengujian mikrostruktur, yakni dengan tes XRD (X-Ray Diffractometer), dengan tes tersebut maka kita akan mengetahui susunan senyawa kimia yang terkandung di dalam benda uji tersebut.



Gambar 3.2  
Gambar mesin XRD yang dimiliki Research Center

### 3.7 Uji Kriteria *Self Compacting Concrete* (*The European Guidelines For SCC, 2005*)

Pada kondisi segar, benda uji beton dianalisa dengan melakukan beberapa tes untuk menilai sifat *self-compacted*-nya, yaitu tes *slump* untuk mengetahui *workabilitas* dan *flowability* dari campuran beton, *U-flow test* atau *L-box test* untuk mengetahui *passing ability* dari *self-compacting concrete* dan *V-Funnel test* untuk mengetahui *viskositas* dari campuran beton.

#### 3.7.1 *Slump Flow Test* (*The European Guidelines for SCC*)

Pengujian *Slump cone* ini digunakan untuk mengetahui *fillingability* campuran beton, berbeda dengan beton konvensional pengujian ini dilakukan secara terbalik. Alat uji *Slump Cone* dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Syarat *fillingability* yang harus dipenuhi adalah beton yang keluar dapat mencapai

diameter 50cm (SF50) dalam 3-6 detik setelah *Slump Cone* ditarik. (Sugiharto,2006).

A. Peralatan yang diperlukan :

- ✓ Base Plate dengan ukuran minimal 900x900 mm, terbuat dar material yang impermeable dan kaku (plywood atau besi) dengan permukaan yang halus dan datar (deviation kedatarannya tidak melebihi 3mm) dan ditandai dengan bentuk lingkaran berdiameter  $\Phi 200$  mm dan  $\Phi 500$  mm di bagian tengahnya, seperti yang terlihat pada gambar 1.

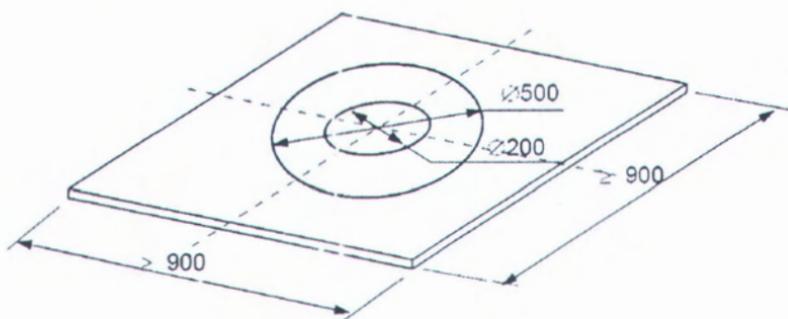


Figure 1. Baseplate reference Clause 4.1

Gambar 3.3  
Base Plater

**Catatan** : deviasi (toleransi) kedataran permukaan *base plate* diukur dari perbedaan tinggi terbesar antara titik tertinggi dan terendah pada permukaan tersebut, dengan mengabaikan adanya rongga/lubang kecil pada permukaan *plate*.

- ✓ *Abram cone* dengan diameter atas/bawah sama dengan 100/200 mm dan tinggi sama dengan 300 mm, seperti yang terlihat pada gambar.

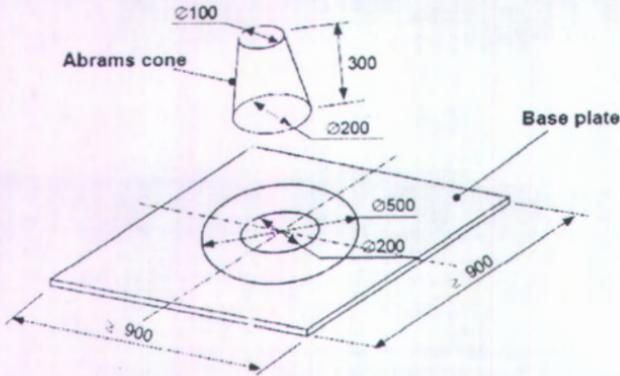


Figure 1 — Base plate and Abrams cone

Gambar 3.4

Base Plate dan Abram Cone

- ✓ Cincin pemberat (>9 kg) untuk menjaga agar abram cone tetap pada posisinya selama tahap pengisian benda uji. Contoh ukuran cincin dapat dilihat pada gambar 2. Sebagai alternatifnya, cincin pemberat dapat diganti dengan cetakan besi berbentuk kerucut yang mempunyai berat lebih dari 10 kg, dan alternative keduanya adalah dengan menggunakan tenaga manusia.

- ✓ Stopwatch dengan akurasi 0,1 detik untuk mengetahui flow time T50
- ✓ Penggaris dengan ketelitian mm untuk mengukur diameter flow spread
- ✓ Bucket/ember dengan kapasitas lebih dari 6 L untuk menempatkan benda uji beton segar
- ✓ Spon yang lembab atau handuk untuk membasahi permukaan bagian dalam cone dan permukaan base plate
- ✓ Kain lap untuk membersihkan tumpahan beton jika ada.

B. Prosedur Pelaksanaan :

- ✓ Tempatkan base plate yang telah dibersihkan pada tempat yang stabil dan datar.
- ✓ Isi bucket dengan SCC segar sampai  $\pm 6-7$  liter dan biarkan benda uji selama 1 menit ( $\pm 10$  detik).
- ✓ Selama 1 menit menunggu, basahi permukaan bagian dalam cone dan permukaan base plate dengan menggunakan spon atau handuk yang telah dibasahi, dan tempatkan cone pada permukaan base plate di tengah-tengah lingkaran  $\Phi 200$  mm dan letakkan cincin pemberat pada bagian atas cone untuk menjaga supaya tetap pada posisinya. (cincin pemberat tidak diperlukan jika cone yang digunakan cukup berat).
- ✓ Isi cone dengan benda uji yang terdapat dalam bucket dengan tidak disertai usaha pemadatan secara eksternal seperti penggetaran. Kelebihan beton yang terdapat pada bagian atas cone sebaiknya dihilangkan dan beton yang tumpah atau tertinggal di base plate sebaiknya dibuang/dipindah.

- ✓ Cek dan pastikan bahwa permukaan base plate tidak terlalu kering ataupun terlalu basah. Area yang kering tidak diperbolehkan terjadi pada base plate dan kelebihan air sebaiknya dibuang/dipindah.
- ✓ Setelah short rest (tidak lebih dari 30 detik untuk membersihkan dan memastikan tingkat kelembaban pada permukaan base plate), angkat cone searah tegak lurus dari base plate dengan satu gerakan untuk memastikan agar beton diperkenankan untuk mengalir secara bebas tanpa adanya halangan dari cone dan mulai menyalakan stopwatch saat cone mulai diangkat dari base plate.
- ✓ Hentikan stopwatch saat bagian depan beton menyentuh gambar lingkaran  $\Phi 500$  mm. Pembacaan stopwatch pada saat itu dinamakan nilai T50. Tes selesai ketika beton telah berhenti menyebar.

**Catatan :** Jangan menyentuh base plate ataupun mengganggu beton sampai pengukuran selesai

- ✓ Ukur diameter terbesar dari flow spread,  $d_{max}$ , dan ukur jarak yang tegak lurus ( $d_{perp}$ ) dengan  $d_{max}$  tersebut (hasil pengukuran dibulatkan menjadi 5 mm-an)
- ✓ Bersihkan base plate dan cone setelah pengetesan

C. Analisa hasil tes :

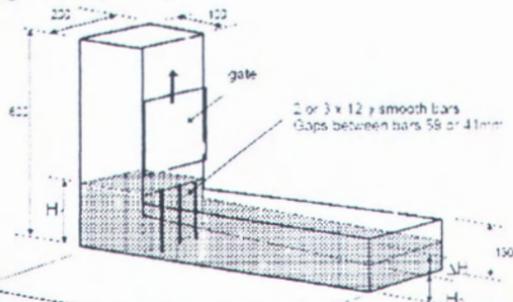
- ✓ Slump flow spread (S) adalah harga rata-rata dari  $d_{max}$  dan  $d_{perp}$ , seperti yang terlihat pada Equation (1). S dalam mm (hasil perhitungan S dibulatkan menjadi 5 mm-an).

$$S = \frac{(d_{\max} + d_{\text{perp}})}{2} \dots\dots\dots (3.10)$$

- ✓ Slump flow time T50 adalah waktu pada saat cone mulai diangkat dari base plate sampai SCC menyentuh tanda lingkaran  $\Phi 500$  mm. T50 dinyatakan dalam detik dengan ketelitian 1/10 detik.

### 3.7.2 L-Box Test (*The European Guidelines for SCC, 2005*)

Pengujian dengan menggunakan alat ini bertujuan untuk mengetahui tingkat *passingability* dari campuran beton. Alat uji *L-Shaped Box* dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Syarat *passingability* yang harus dipenuhi adalah setelah sekat dibuka 40 cm (FL40) dalam 3-6 detik. (*Sugiharto, 2006*).



Gambar 3.6  
L-Box Test

Dengan L-shape box, ini memungkinkan untuk mengatur sifat yang berbeda, seperti flowabilitas, menahan dan pemisahan (*Ashok, 2004*).

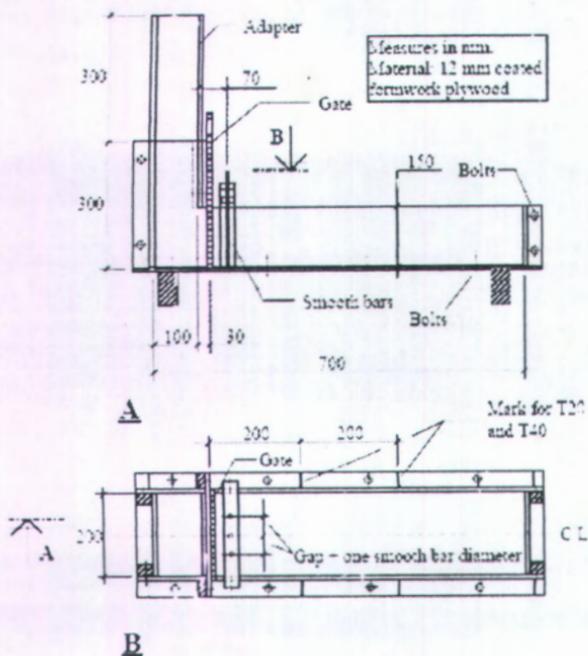


Figure 4 — Detailed dimensions of the L-box test

Gambar 3.7  
Dimensi L-Box Test

A. Peralatan :

- ✓ L-box, seperti yang terlihat pada Gambar 3.10. Dapat menggunakan 2 tipe gate, yaitu gate dengan 3 batangan besi dan gate dengan 2 batangan besi. Jarak antar batangan besi berturut-turut adalah 41 mm dan 59 mm.
- ✓ Penggaris
- ✓ Bucket/ember untuk menempatkan benda uji

B. Prosedur Pelaksanaan :

- ✓ Tempatkan L-box pada tempat yang stabil dan datar.

- ✓ Isi bagian vertical dari L-box dengan 12,7 liter SCC segar.
- ✓ Biarkan benda uji beton selama satu menit ( $\pm 10$  detik). Selama waktu ini, beton akan memperlihatkan apakah beton tersebut stabil dan tidak mengalami segregasi atau sebaliknya.
- ✓ Angkat sliding gate dan biarkan beton mengalir keluar dari bagan vertical L-box ke bagian horizontal L-box.
- ✓ Ketika beton sudah berhenti bergerak, ukur average distance,  $\Delta h$  yaitu jarak antara bagian atas box dengan beton. Pambil tiga posisi pengukuran, yaitu di tengah dan d kedua sisi box.

#### C. Analisa :

Passing ratio, PL atau blocking ratio, BL dihitung berdasarkan humus (2) atau (2'), dan dinyatakan tanpa satuan dengan ketelitian 0,01 (dua angka decimal).

$$PL = \frac{H}{H \max} \dots\dots\dots(3.11)$$

atau

$$BL = 1 - \frac{H}{H \max} \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana :  $H_{\max} = 91 \text{ mm}$  dan  $H = 150 - \Delta h$

#### 3.7.3 V-Funnel Test

*(The European Guidelines for SCC, 2005)*

Alat *V-Funnel* ini digunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan representatif untuk

pengujian *fillingability* campuran beton. Alat ini dapat dilihat pada gambar 3.11. Syarat *fillingability* yang harus dipenuhi adalah waktu yang diperlukan untuk semua campuran keluar adalah maksimal 8 detik. (EFNARC EN 206-1).

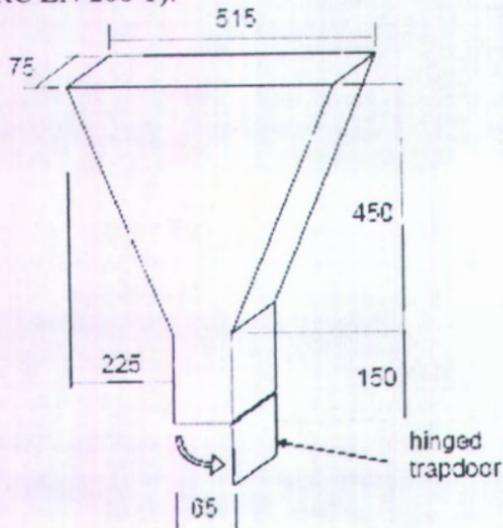


Figure 1 — V funnel

Gambar 3.8  
V-Funnel Test

Secara prinsip, *V shaped funnel* setelah terisi oleh beton segar dan beton dibiarkan mengalir keluar dari *funnel* secara teratur dan tercatat sesuai dengan waktu *V-funnel* (*The European Guidelines For SCC, 2005*).

A. Prinsip:

*V-funnel flow time* adalah waktu yang diperlukan SCC untuk dapat melewati celah yang sempit dan

menentukan *filling ability* dari SCC yang dapat diketahui dari adanya *blocking* atau segregasi yang terjadi.

B. Peralatan yang dibutuhkan :

- ✓ V-funnel, seperti yang terlihat pada Gambar 3.11.
- ✓ Stopwatch dengan ketelitian 0,1 detik untuk mengetahui flow time
- ✓ Straightedge untuk levelling/meratakan beton
- ✓ Bucket dengan kapasitas 12-14 liter menempatkan benda uji beton
- ✓ Spon dan handuk yang agak basah untuk membasahi bagian dalam dari V-funnel

C. Prosedur Pelaksanaan :

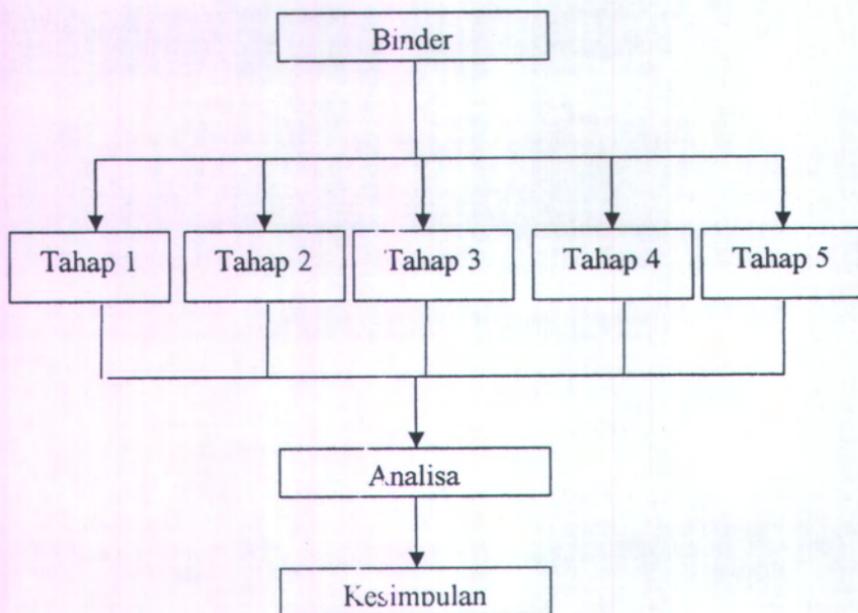
- ✓ Tempatkan V-funnel yang telah dibersihkan secara vertikal pada tempat yang stabil dan datar. Bagian atas V-funnel dalam posisi horizontal.
  - ✓ Basahi bagian dalam V-funnel dengan Spon dan handuk yang agak basah, hindari kelebihan air pada saat membasahi V-funnel.
  - ✓ Tutup gate dan tempatkan bucket dibawahnya untuk menyimpan beton yang telah melewati gate tersebut.
  - ✓ Isi V-funnel dengan benda uji SCC sampai penuh tanpa disertai dengan tindakan pemadatan.
  - ✓ Pindahkan kelebihan beton dari bagian atas V-funnel dengan menggunakan straightedge.
  - ✓ Buka gate setelah  $(10 \pm 2)$  detik (waiting period). Jalankan stopwatch pada saat gate mulai dibuka.
  - ✓ Lihat ke bagian dalam V-funnel dan hentikan stopwatch pada saat V-funnel mulai kosong. Bacaan stopwatch pada saat itu dinamakan sebagai V-funnel flow time, tv.
- Catatan : Jangan menyentuh atau menggerakkan V-funnel sampai funnel benar-benar kosong.

- ✓ Bersihkan V-funnel setelah pengetesan.

D. Analisa Hasl Tes :

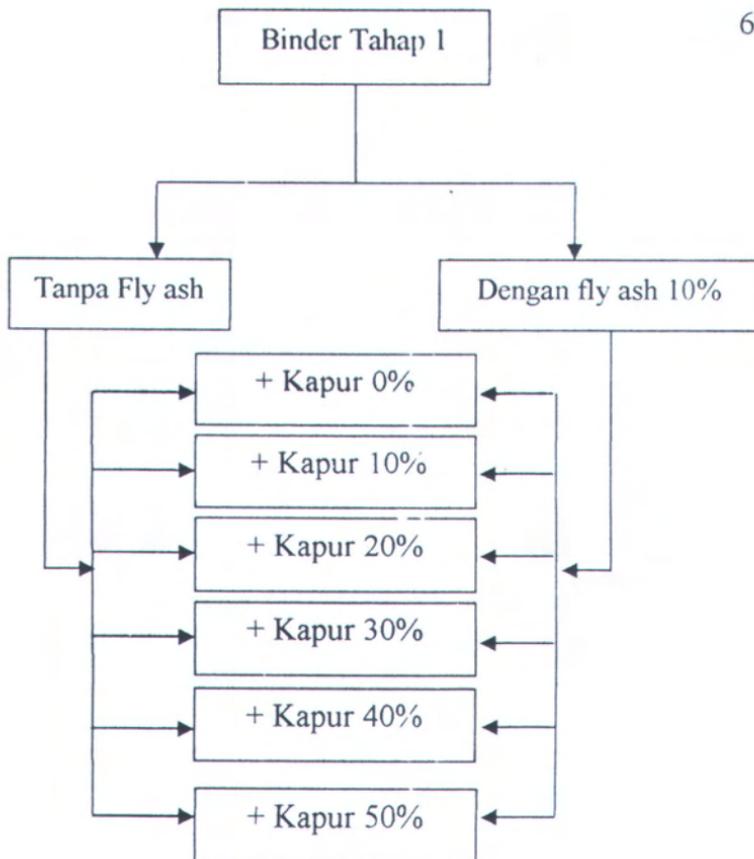
*V-funnel time*,  $t_v$  adalah waktu yang diukur pada saat *gate* mulai dilepas sampai mulai terlihatnya celah bukaan *gate*.  $t_v$  dinyatakan dalam ketelitian 0,1 detik.

### 3.8 Membuat Benda Uji Binder Ukuran 20mm x 40mm (AFNOR NF B 4904)

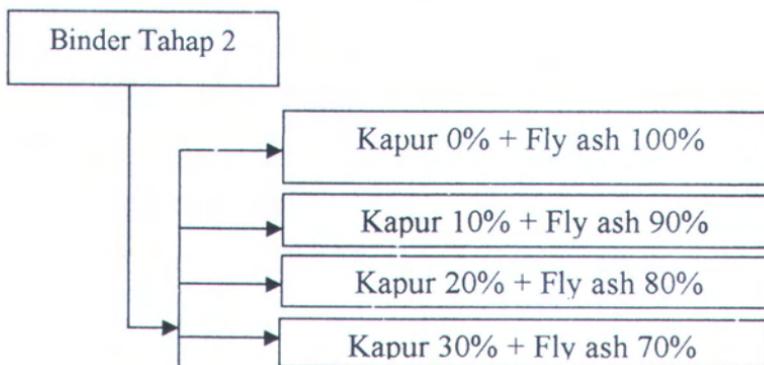


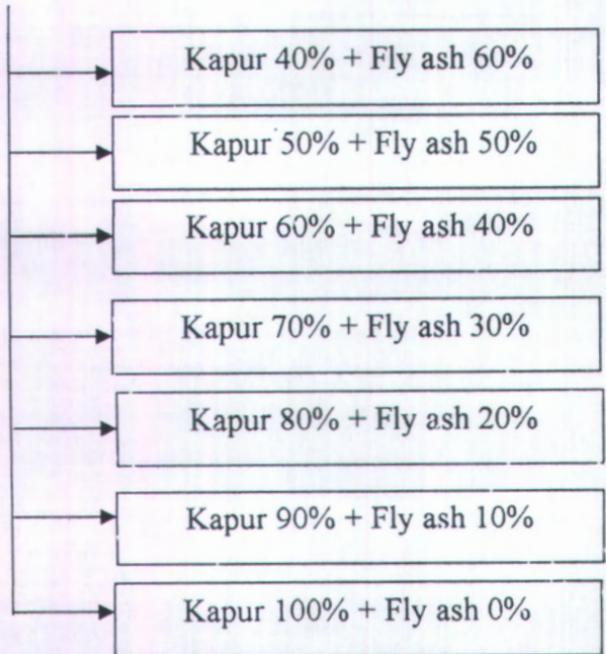
Gambar 3.9

Diagram alir pembuatan binder secara umum

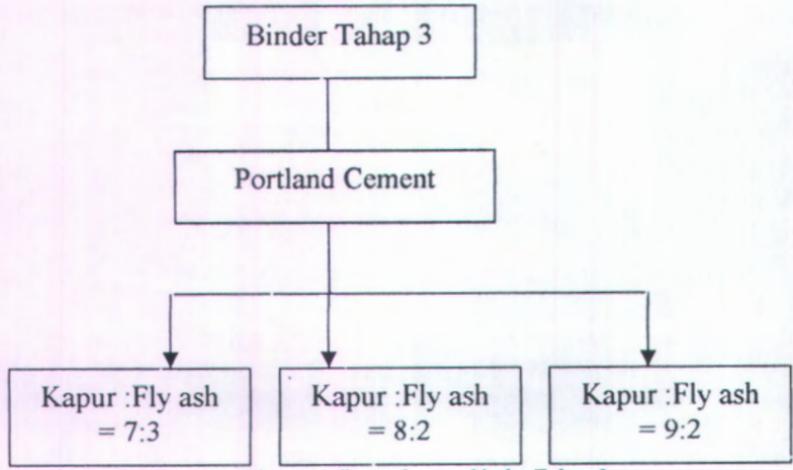


*Gambar 3.10*  
*Diagram alir pembuatan binder Tahap 1*

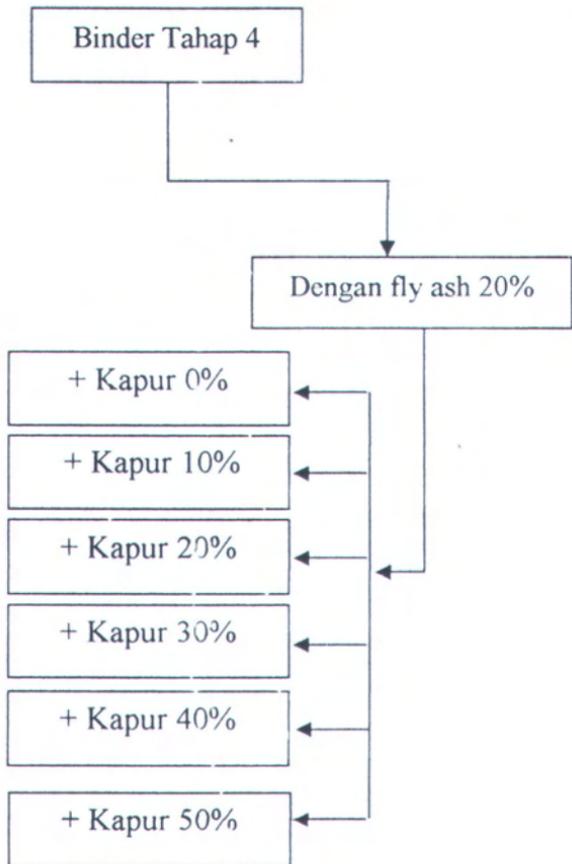




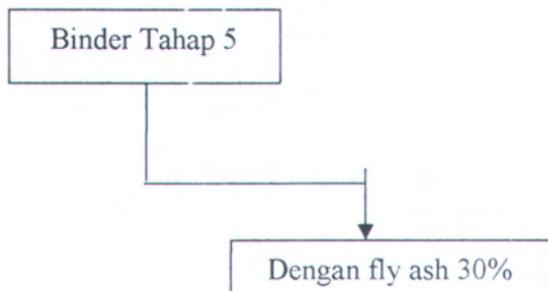
Gambar 3.11  
Diagram alir pembuatan binder Tahap 2

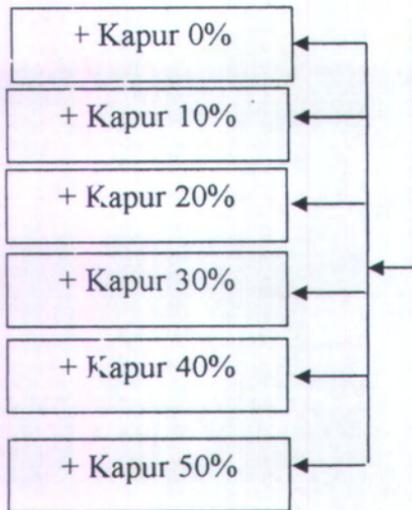


Gambar 3.12 Diagram alir pembuatan binder Tahap 3



*Gambar 3.13*  
*Diagram alir pembuatan binder Tahap 4*





*Gambar 3.14*  
*Diagram alir pembuatan binder Tahap 5*

Untuk membuat binder dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut :

✓ Alat

1. Wadah / Loyang
2. Cetakan binder berukuran 20 x 40 mm<sup>2</sup>
3. Timbangan

✓ Bahan

1. Portland Cement tipe 1
2. Kapur
3. Fly ash
4. Air
5. Oli sebagai pelumas cetakan binder.

## ✓ Langkah-langkah

1. Lumuri cetakan binder yang telah disiapkan agar pada saat melepas benda uji dari cetakannya tidak sulit.
2. Masukkan semen, kapur dan flyash sesuai dengan parameter yang telah ditentukan untuk masing-masing tahap (100% = 250gram), reaksikan dengan air (dari konsistensi normal), aduk hingga rata sehingga menjadi adonan yang tidak lengkat lagi pada wadahnya (adonan hingga rata).
3. Masukkan adonan tersebut ke dalam cetakan yang telah dilumuri oli sebelumnya.
4. Pada saat memasukkan adonan ke dalam cetakan, disertai dengan melakukan rojokan ke dalam cetakan tersebut agar binder dapat menjadi padat dan tidak ada pori.
5. Setelah terlihat mulai agak mengental campurannya dalam cetakan, ratakan permukaan binder tersebut.
6. Cetakan bisa dilepas setelah binder sudah mengeras. Setelah itu, simpan binder di dalam wadah yang telah diberi label sesuai dengan komposisi yang telah dibuat.



**Gambar 3.15**  
*Cetakan binder berukuran 20mm x 40mm*



**Gambar 3.16**  
*Binder yang telah dibuka cetaknya*

### 3.8.1 Benda Uji Binder Tahap 1

Dalam pembuatan benda uji binder untuk tahap 1 ini, dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara binder yang menggunakan fly ash (10%) dengan yang tanpa menggunakan fly ash. Dan Berikut ini adalah komposisi yang digunakan di dalam pembuatan binder untuk Tahap 1 :

### 3.8.1.1 Menggunakan fly ash 10%

No.	Semen (%)	Kapur (%)	Fly ash (%)
1	90	0	10
2	80	10	10
3	70	20	10
4	60	30	10
5	50	40	10
6	40	50	10

Tabel 3.1

*Binder Tahap 1 Menggunakan Fly ash*

### 3.8.1.2 Tanpa fly ash 10%

No.	Semen (%)	Kapur (%)	Fly ash (%)
1	100	0	0
2	90	10	0
3	80	20	0
4	70	30	0
5	60	40	0
6	50	50	0

Tabel 3.2

*Binder Tahap 1 Tanpa Fly ash*

### 3.8.2 Benda Uji Binder Tahap 2

Dalam pembuatan benda uji binder untuk tahap 2 ini, dilakukan untuk mengetahui reaksi yang terjadi antara fly ash dengan kapur. Dan berikut ini adalah

komposisi yang digunakan di dalam pembuatan binder untuk Tahap 2 :

No.	Kapur (%)	Fly ash (%)
1	0	100
2	10	90
3	20	80
4	30	70
5	40	60
6	50	50
7	60	40
8	70	30
9	80	20
10	90	10
11	100	0

*Tabel 3.3*  
*Komposisi binder Tahap 3*

### 3.8.3 Benda Uji Binder Tahap 3

Dalam pembuatan benda uji binder untuk tahap 3 ini, dilakukan untuk mengetahui beberapa perbandingan antara fly ash dengan kapur (berdasarkan hasil optimum yang didapat dari Tahap2) yang direaksikan dengan portland cement.

### 3.8.4 Benda Uji Binder Tahap 4

Hampir sama dengan Tahap 1 hanya saja pada Tahap 4 keseluruhan binder menggunakan fly ash sebesar 20%

### 3.8.5 Benda Uji Binder Tahap 5

Hampir sama dengan Tahap 1 hanya saja pada Tahap 5 keseluruhan binder menggunakan fly ash sebesar 30%

### 3.9 Membuat Benda Uji Mortar Ukuran 50mm x 50mm

Untuk membuat mortar dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut (*SNI 03-6625-2002*) :

✓ Alat

1. Wadah / Loyang
2. Cetakan mortar berukuran 50 x 50 mm<sup>2</sup>
3. Timbangan

✓ Bahan

1. Semen (500gram = 100%)
2. Pasir Kwarsa (1375 gram)
3. Kapur
4. Fly ash
5. Air = 242 ml
6. Oli sebagai pelumas cetakan mortar.
7. Alat pematik

✓ Langkah-langkah

1. Lumuri cetakan mortar yang telah disiapkan agar pada saat melepas benda uji dari cetakannya tidak sulit.
2. Masukkan semen, pasir, kapur dan flyash sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, reaksikan dengan air (dari konsistensi normal), aduk hingga rata sehingga menjadi adonan yang

tidak lengkat lagi pada wadahnya (adonan hingga rata).

3. Masukkan adonan tersebut ke dalam cetakan yang telah dilumuri oli sebelumnya.
4. Pada saat memasukkan adonan ke dalam cetakan, disertai dengan melakukan rojokan (tiap sepertiga volume cetakan) dengan alat pemadat ke dalam cetakan tersebut agar mortar dapat menjadi padat dan tidak ada pori.
5. Setelah penuh, ratakan permukaan mortar tersebut.
6. Cetakan bisa dilepas setelah mortar sudah mengeras. Setelah itu, simpan mortar di dalam wadah yang telah diberi label sesuai dengan komposisi yang telah dibuat.

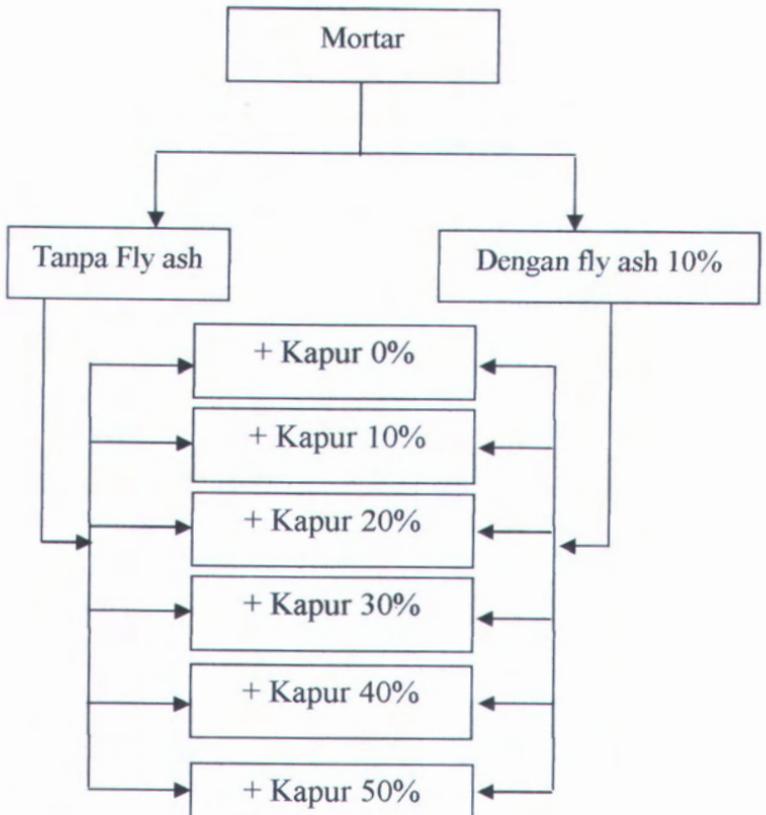


*Gambar 3.17*  
*Cetakan untuk benda uji mortae*



**Gambar 3.18**  
Benda uji mortar yang telah dilepas dari cetaknya

Berikut ini adalah diagram alir pembuatan benda uji mortar :



### 3.9 Membuat Benda Uji Beton Ukuran 100mm x 200mm

Adapun perhitungan mix design untuk beton konvensional ialah menggunakan metode ACI dengan beberapa macam variasi. Berikut ini adalah langkah-langkah di dalam pembuatan beton dengan metode ACI (Iswandi,1997)

#### 3.9.1 Langkah 1 : Menentukan Slump

Nilai slump beton yang dianjurkan, diberikan pada tabel 3.4 dibawah ini. Slump awal diantara 2.5 sampai 5 cm., sebelum penambahan HRWR dianjurkan. Hal ini akan menjamin jumlah air campuran yang cukup dan menyebabkan superplasticizer dapat bekerja efektif. Untuk beton mutu tinggi yang dibuat tanpa menggunakan HRWR , slump antara 5 sampai 10cm, dapat dipilih sesuai dengan tipe pekerjaan yang dilakukan. Beton dengan slump kurang dari 5cm sulit untuk dipadatkan akibat tingginya kadar agregat kasar dan semen dalam campuran.

Beton dengan menggunakan HRWR	
Slump sebelum penambahan HRWR	2.5 sampai 5cm
Beton tanpa menggunakan HRWR	
Slump	5 sampai 10cm

*Tabel 3.4  
Tabel Slump ACI*

#### 3.9.2 Langkah 2 : Menentukan ukuran maksimum agregat

ACI 318 menyatakan bahwa ukuran maksimum agregat agar tidak boleh melebihi  $\frac{1}{5}$  dari dimensi terkecil antara sisi bekisting. Apabila kekuatan beton yang direncanakan kurang 62 MPa maka perkiraan ukuran maksimum agregat kasar adalah 2 - 2.5cm. Sedangkan apabila lebih dari 62 MPa perkiraan ukuran agregat kasarnya adalah 1 sampai 1.5cm

### 3.9.3 Langkah 3 : Menentukan kadar optimum maksimum agregat kasar

Kadar optimum agregat kasar tergantung pada ukuran maksimumnya. Kadar optimum agregat kasar yang dianjurkan, dinyatakan sebagai fraksi dari berat kering satuan (DRUW = dry-rodded unit weight), ditunjukkan pada tabel 3.5 sebagai fungsi dari ukuran nominal maksimum.

Ukuran nominal maksimum (cm)	1	1.3	2	2.5
Volume	0.65	0.68	0.72	0.75

Tabel 3.5

*Volume agregat kasar yang dianjurkan per unit volume beton*

Setelah kadar optimum agregat kasar terpilih pada tabel 3.5, berat kering (oven-dry weight) agregat kasar per m<sup>3</sup> beton dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$\text{Berat kering agregat (OD)} = (\% \times \text{DRUW}) \times (\text{DRUW}) \dots \dots \dots (3.13)$$

Dalam perencanaan campuran beton dengan kekuatan normal, kadar optimum agregat kasar diberikan sebagai suatu fungsi dari ukuran maksimum agregat kasar dan modulus kehalusan agregat halus. Akan tetapi, campuran beton mutu tinggi biasanya mempunyai kadar bahan semen yang tinggi, dan dengan demikian tidak tergantung pada kehadiran agregat halus untuk menambah partikel halus demi kelicinan dan kepadatan beton segar. Oleh karena itu, untuk nilai yang diberikan dalam tabel 3.5 dianjurkan untuk menggunakan pasir dengan nilai modulus kehalusan 2.5 sampai 3.2.

### 3.9.4 Langkah 4 : Menentukan ukuran maksimum agregat

Jumlah air per unit volume beton yang dibutuhkan untuk menghasilkan slump yang disyaratkan tergantung pada ukuran maksimum agregat kasar, bentuk partikel, dan gradasi agregat, jumlah semen, dan tipe water reducing admixture yang digunakan. Jika HRWR yang digunakan, kadar air dalam admixture biasanya dikalkulasi sebagai bagian dari  $w/c + p$ . Tabel 3.6 memberikan estimasi air campuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton mutu tinggi yang dibuat dengan ukuran maksimum agregat 1cm sampai 2.5cm sebelum adanya penambahan admixture kimia. Jumlah air campuran tersebut adalah maksimum untuk agregat dengan bentuk yang baik, bersih, agregat kasar bersiku (angular), gradasi baik dalam batas ASTM C 33. Karena bentuk partikel dan tekstur permukaan agregat halus dapat mempengaruhi kadar rongga kosongnya (void content), persyaratan air campuran mungkin berbeda dengan nilai yang diberikan.

Nilai air campuran yang diberikan pada tabel 3.6 dapat digunakan jika agregat halus yang digunakan mempunyai voids content 35%. Voids content agregat halus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.14 dibawah ini :

$$\text{Void content, } V\% = \left( 1 - \frac{\text{OvenDryRoddedUnitWeight}}{\text{BulkSpecifyGravity(dry)}} \right) \times 100 \dots (3.14)$$

Bila agregat halus dengan void content tidak sama dengan 35% yang digunakan, penyesuaian harus dibuat terhadap kadar air campuran yang dianjurkan. Penyesuaian air ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.15 berikut ini :

$$\text{Koreksi air pencampur, } \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = (V-35) \times 4.74 \dots (3.15)$$

Penggunaan persamaan menghasilkan koreksi air campuran sebesar  $4.74 \text{ kg/m}^3$  untuk setiap penyimpangan void content dari 35%

Slump,cm	Campuran air ( $\text{kg/m}^3$ )			
	Ukuran maks agregat kasar, cm			
	1	1.3	2	2.5
2.5 – 5	184	175	170	166
5 – 7.5	190	184	175	172
7.5 - 10	196	190	181	178
Udara yang terperangkap	3%	2.5%	2%	1.5%
	2.5%	2.0%	1.5%	1.0%

Tabel 3.6

*Estimasi pertama air campuran yang dibutuhkan.*

### 3.9.5 Langkah 5 : Menentukan $w_c+p$

Dalam campuran beton mutu tinggi, bahan campuran semen lain seperti fly ash dapat digunakan.  $w_c+p$  dapat dihitung dengan membagi berat air campuran dengan campuran semen dan fly ash. Dalam tabel 3.7 dan 3.8,  $w_c+p$  maksimum yang dianjurkan diberikan sebagai suatu fungsi dari ukuran maksimum agregat untuk mencapai kekuatan tekan yang berbeda, baik pada umur 28 hari, maupun 56 hari. Penggunaan HRWR pada umumnya meningkatkan kekuatan tekan beton. Nilai  $w_c+p$  yang diberikan pada tabel 3.7 berlaku untuk beton yang dibuat tanpa HRWR, sedangkan tabel 3.8 berlaku untuk beton yang dibuat dengan menggunakan HRWR.

fcr max		$w_c+p$			
		Ukuran maks. agregat kasar,cm			
		1	1.3	2	2.5
48	28 hari	0.42	0.41	0.40	0.39
	56 hari	1.46	0.44	0.44	0.43

55	28 hari	0.35	0.34	0.34	0.33
	56 hari	0.38	0.37	0.37	0.35
62	28 hari	0.30	0.29	0.29	0.28
	56 hari	0.33	0.32	0.32	0.30
69	28 hari	0.26	0.26	0.26	0.25
	56 hari	0.29	0.28	0.28	0.26

Tabel 3.7

$w/c+p$  maksimum yang dianjurkan untuk beton tanpa menggunakan HRWR

fcr max		$w/c+p$			
		Ukuran maks. agregat kasar, cm			
		1	1.3	2	2.5
48	28 hari	0.50	0.48	0.45	0.43
	56 hari	0.55	0.52	0.48	0.46
55	28 hari	0.44	0.42	0.40	0.38
	56 hari	0.48	0.45	0.42	0.40
62	28 hari	0.38	0.36	0.35	0.34
	56 hari	0.42	0.39	0.37	0.36
69	28 hari	0.33	0.32	0.31	0.30
	56 hari	0.37	0.35	0.33	0.32
76	28 hari	0.30	0.29	0.27	0.27
	56 hari	0.33	0.31	0.29	0.29
83	28 hari	0.27	0.26	0.25	0.25
	56 hari	0.30	0.28	0.27	0.26

Tabel 3.8

$w/c+p$  maksimum yang dianjurkan untuk beton dengan menggunakan HRWR

### 3.9.6 Langkah 6 : Menghitung Kadar Bahan Semen

Berat bahan semen yang dibutuhkan per  $m^3$  beton ditentukan dengan membagi jumlah air campuran per  $m^3$  beton (langkah 4) dengan  $w/c+p$  (langkah 5).

### 3.9.7 Langkah 7 : Perhitungkan Komposisi Dasar Campuran

Setelah menentukan berat per  $m^3$  untuk agregat kasar, semen, dan air, dan persentasi kandungan udara, kadar pasir dapat dihitung untuk menghasilkan  $1m^3$ , dengan menggunakan metode volume absolut.

### 3.10 Analisa data

Tahap selanjutnya adalah dengan menganalisa data yang diperoleh dari pencatatan terhadap berbagai uji parameter yang telah dilakukan, baik itu terhadap binder, mortar, beton dan *self compacting concrete*.

### 3.11 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir dari serangkaian tugas akhir ini adalah mengambil kesimpulan dari analisa data yang telah dibuat untuk kemudian diberikan saran-saran bagi penelitian selanjutnya untuk perkembangan teknologi beton dimasa yang akan datang.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB IV

### HASIL DAN ANALISA DATA

#### 4.1 Umum

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil-hasil berikut kesimpulan selama pengerjaan tugas akhir di laboratorium yang mengenai binder, mortar, beton yang mengandung kapur, dan *self compacting concrete*.

Metode hasil dan analisa data ini diawali dengan ditampilkannya tabel yang kemudian dijadikan grafik untuk kemudian dilakukan pembahasan

#### 4.2 Tes Material dan Analisa Ayakan

Adapun hasil dari tes agregat dan analisa ayakan adalah sebagai berikut :

##### 4.2.1 Agregat Halus ( Pasir )

##### 4.2.1.1 Percobaan Kelembaban Pasir (ASTM C 556-89)

Tabel 4.1 Hasil Percobaan Kelembaban Pasir

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Pasir Asli ( $W_1$ )	500 gr	500 gr
Berat Pasir Oven ( $W_2$ )	498 gr	498.5 gr
Kelembaban Pasir ( $(W_1 - W_2) / W_2$ ) * 100 %	0.402 %	0.3 %

Berdasarkan ASTM C 556-89, kadar kelembaban pasir maksimum adalah kurang dari 0,1 %. Sedangkan kadar pasir yang diperoleh sebesar 0,3 %. Dengan demikian kadar pasir yang digunakan belum memenuhi syarat sehingga pasir harus dioven lagi sampai memenuhi syarat yang ditetapkan.

## 4.2.1.2 Percobaan Berat Jenis Pasir ( ASTM C 128 – 93)

Tabel 4.2 Hasil Percobaan Berat Jenis Pasir

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Labu + Pasir + Air ( $W_1$ )	1500 gr	1550 gr
Berat Pasir SSD	500 gr	500 gr
Berat Labu + Air ( $W_2$ )	1185 gr	1235 gr
Berat Jenis Pasir = $500/(500+W_2)-W_1$	2.7 gr/cm <sup>3</sup>	2.7 gr/cm <sup>3</sup>

Berdasarkan data dari ASTM C 128 – 93, berat jenis pasir berkisar antara 2,4 sampai 2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan dari penggetesan diperoleh berat jenis pasir sebesar 2,7 gr/cm<sup>3</sup>.

Dengan demikian pasir yang digunakan memenuhi syarat yang ditetapkan.

## 4.2.1.3 Percobaan Air Resapan (ASTM C 128- 93 )

Tabel 4.3 Hasil Percobaan Air Resapan

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Pasir SSD	500 gr	500 gr
Berat Pasir Oven ( $W_1$ )	495 gr	490.4 gr
Kadar Air Resapan = $((500-W_1)/W_1) * 100 \%$	1.01 %	1.96 %

Berdasarkan ASTM C 128 – 93, kadar untuk resapan air pasir berkisar antara 1 sampai 4 % yang diperbolehkan. Sedangkan pada percobaan diperoleh kadar air resapan pasir sebesar 1,48 %

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pasir yang digunakan telah memenuhi syarat untuk digunakan.

## 4.2.1.4 Percobaan Berat Volume Pasir ( ASTM C 29/C 29 M – 91 )

Tabel 4.4 Hasil Percobaan Berat Volume Pasir

JENIS PERCOBAAN	Dengan Rojokan	Tanpa Rojokan
Berat Silinder ( $W_1$ )	2605 gr	2602 gr

Berat Silinder + Pasir ( $W_2$ )	7413 gr	7299 gr
Berat Pasir ( $W_2 - W_1$ )	4808 gr	4697 gr
Volume Silinder ( $V$ )	$3000 \text{ cm}^3$	$3000 \text{ cm}^3$
Berat Volume ( $(W_2 - W_1) / V$ )	$1.60 \text{ gr/cm}^3$	$1.57 \text{ gr/cm}^3$

Berdasarkan ASTM C/29 29 M – 91, berat volume pasir antara yang dirojok dengan yang tidak dirojok tidak lebih dari 0,04 kg/liter. Sedangkan dari percobaan diperoleh selisih rojokan dengan tanpa dirojok sebesar 0,03 kg/liter, sehingga berat volume pasir memenuhi syarat untuk digunakan.

#### 4.2.1.5 Percobaan Kebersihan Pasir Dari Bahan Organik

Tabel 4.5 Hasil Percobaan Kebersihan Pasir Dari Bahan Organik

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Volume Pasir ( cc )	130	130
Larutan NaOH ( cc )	70	70
Warna yang timbul	Kuning Teh	Kuning Teh

Kesimpulan : Warna yang timbul adalah warna kuning teh. Jadi bisa disimpulkan bahwa dari hasil percobaan di atas, pasir yang di uji mengandung sedikit bahan organik karena warna yang dihasilkan lebih muda dari warna pembanding.

#### 4.2.1.6 Percobaan Kebersihan Pasir Terhadap Bahan Lumpur ( Pencucian ).

Tabel 4.6 Hasil Percobaan Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Tinggi Lumpur ( h )	0.2	0.25
Tinggi Pasir ( H )	5.9	6
Kadar Lumpur = $h / H$	0.034	0.042

Kadar Lumpur rata – rata yang ada pada pasir yang diuji  
= 0.042

#### 4.2.1.7 Percobaan Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur (Pengendapan) (ASTM C117-95)

Tabel 4.7 Percobaan Kebersihan Pasir Terhadap Behan Lumpur (Pengendapan)

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Pasir Kering ( $W_1$ )	500 gr	500 gr
Berat Pasir Bersih Kering ( $W_2$ )	488 gr	486 gr
Kadar Lumpur = $(W_1 - W_2) / W_1 * 100 \%$	2.4 %	2.8 %

Berdasarkan ASTM ASTM C117-95, kadar Lumpur untuk pengendapan tidak lebih dari 3 %. Sedangkan dari hasil percobaan diperoleh kadar sebesar 2,6 %.

Dengan demikian dapat disimpulkan pasir yang digunakan memenuhi syarat untuk digunakan.

#### 4.2.2 Agregat Kasar ( Batu Pecah )

##### 4.2.2.1 Percobaan Kelembaban Batu Pecah ( ASTM 566-89 )

Tabel 4.8 Hasil Percobaan Kelembaban Batu Pecah

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Batu Pecah Asli ( $W_1$ )	500 gram	500 gram
Berat Batu Pecah Oven ( $W_2$ )	495 gram	494 gram
Kelembaban Batu Pecah = $(W_1 - W_2) / W_1 * 100 \%$	1.0 %	1.21 %

Dari hasil percobaan di atas diperoleh kelembaban batu pecah = 1.105 % .

##### 4.2.2.2 Percobaan Berat Jenis Batu Pecah ( ASTM C 127 - 88 Reapp. 93 )

Tabel 4.9 Hasil Percobaan Berat Jenis Batu Pecah

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Batu Pecah di Udara ( $W_1$ )	3000 gr	3000 gr

Berat Batu Pecah di Air ( $W_2$ )	1897 gr	1880 gr
Berat Jenis = $W_1 / (W_1 - W_2)$	2.72 gr/cm <sup>3</sup>	2.67 gr/cm <sup>3</sup>

Dari hasil percobaan di atas diperoleh berat jenis batu pecah = 2.695 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.2.2.3 Percobaan Air Resapan Batu Pecah (ASTM C 127- 88 Reapp 93 )

Tabel 4.10 Hasil Percobaan Air Resapan Batu Pecah

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Kerikil SSD	3000 gr	3000 gr
Berat Kerikil Oven ( $W$ )	2967 gr	2964 gr
Kadar Air Resapan = (3000 - $W$ ) / $W$ *100 %	1.11 %	1.21 %

Berdasarkan ASTM C 127- 88 Reapp 93 , kadar resapan batu pecah berkisar antara 1 sampai 2 % yang diperbolehkan. Sedangkan dari hasil percobaan diperoleh kadar sebesar 1,16 %.

Dengan demikian batu pecah yang digunakan memenuhi syarat untuk digunakan.

#### 4.2.2.4 Percobaan Berat Volume Batu Pecah ( ASTM C 29/C 29 M - 91a )

Tabel 4.11 Hasil Percobaan Berat Volume Batu Pecah

JENIS PERCOBAAN	Dengan Rojokan	Tanpa Rojokan
Berat Silinder ( $W_1$ )	5450 gr	5450 gr
Berat Silinder + Batu Pecah ( $W_2$ )	21643 gr	20596 gr
Berat Batu Pecah ( $W_2 - W_1$ )	16193 gr	15146 gr
Volume Silinder ( $V$ )	10000 cm <sup>3</sup>	10000 cm <sup>3</sup>
Berat Volume = ( $W_2 - W_1$ ) / $V$	1.62 gr/cm <sup>3</sup>	1.51 gr/cm <sup>3</sup>

Berdasarkan ASTM C 29/C 29 M – 91a, berat volume yang disyaratkan berkisar antara 1,4 sampai 1,7 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan dari percobaan diperoleh berat volume sebesar 1,57 gr/cm<sup>3</sup>. Dengan demikian batu pecah yang digunakan memenuhi syarat untuk digunakan.

#### 4.2.2.5 Percobaan Kebersihan Batu Pecah Terhadap Lumpur ( Pencucian ) (ASTM C 117 –95)

Tabel 4.12 Hasil Percobaan Kebersihan Batu Pecah Terhadap Lumpur ( Pencucian )

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Kering Sebelum Dicuti ( $W_1$ )	1000 gr	1000 gr
Berat Kering Setelah Dicuti ( $W_2$ )	996.5 gr	998gr
Kadar Lumpur = $( W_2 - W_1 ) / W_1 * 100 \%$	0.351 %	0.2 %

Berdasarkan syarat ASTM C 117 – 95, kadar kebersihan batu pecah terhadap Lumpur kurang dari 1 %. Dari tabel di atas didapatkan kadar lumpur sebesar 0.276 %, dapat diambil kesimpulan bahwa batu pecah yang digunakan telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

#### 4.2.2.5 Percobaan Keausan Agregat Kasar (ASTM C 131 – 89 )

Tabel 4.13 Hasil Percobaan Keausan Agregat Kasar

PERCOBAAN NOMOR	1
Berat Sebelum Diabrasi ( $W_1$ )	5000 gr
Berat Setelah Diabrasi ( $W_2$ )	4127 gr
Keausan = $( W_1 - W_2 ) / W_1 * 100 \%$	21 %

Berdasarkan ASTM C 131 – 89, kadar keausan batu pecah tidak boleh dari 50 %. Sedangkan dari table diatas, didapat tingkat keausan batu pecah sebesar 21 %. Hal ini berarti batu pecah bisa digunakan sebagai agregat kasar untuk membuat beton karena sudah sesuai syarat ASTM C 131 yang menyatakan bahwa

agregat yang baik harus mempunyai tingkat keausan kurang dari 35 %.

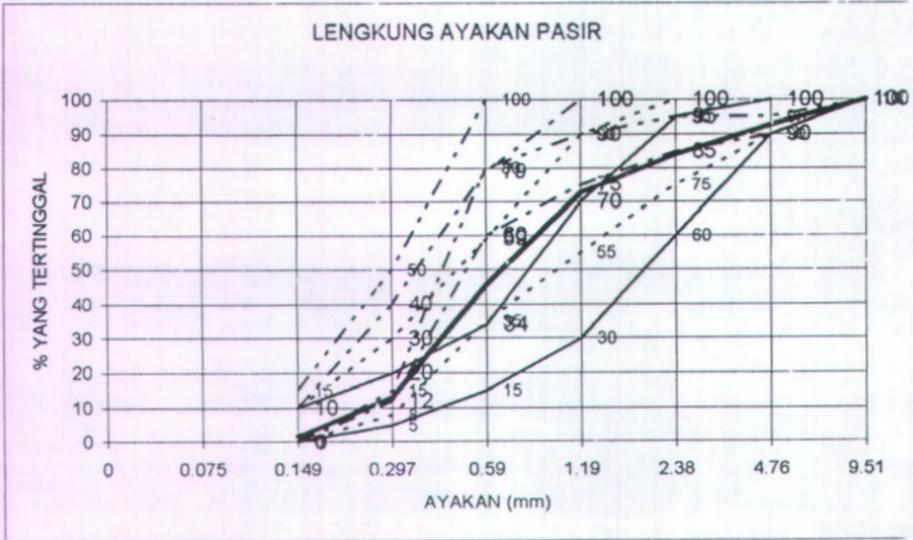
### 4.2.3 Analisa Ayakan

#### 4.2.3.1 Agregat Halus ( Pasir )

Tabel 4.14 Hasil ayakan pasir

LUBANG AYAKAN		PASIR		
		TERTINGGAL		
No.	mm	Gram	E %	Kumulatif E %
3"	76,2	-	-	-
3/2"	38,1	-	-	-
3/4"	19,1	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-
No. 4	4,76	73.5	7.35	7.35
No. 8	2,38	85.4	8.54	15.89
No. 16	1,1	114.1	11.41	27.30
No. 30	0,59	271.3	27.13	54.43
No. 50	0,297	329.9	32.99	87.42
No. 100	0,149	114.0	11.40	98.82
Pan	0,000	16.3	1.63	-
JUMLAH		1005	100	291.21
		Fm pasir = 2.9121		

Keterangan : E % = Prosentase pasir yang tertinggal diatas ayakan



Gambar 4.1 Grafik Ayakan Pasir

Berdasarkan data dan grafik diatas, dapat diambil kesimpulan untuk analisa ayakan pasir sebagai berikut :

Kondisi Pasir :

- |                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| 1. Lolos saringan No. 200 | :                        |
| 2. Berat jenis (SSD)      | : 2.7 kg/dm <sup>3</sup> |
| 3. Berat Volume           | : 1.57 gr/m <sup>3</sup> |
| 4. Kelembaban             | : 0.422 %                |
| 5. Resapan                | : 1.48 %                 |
| 6. Modulus Kehalusan      | : 2.9121 %               |
| 7. Grading zone           | : 2                      |

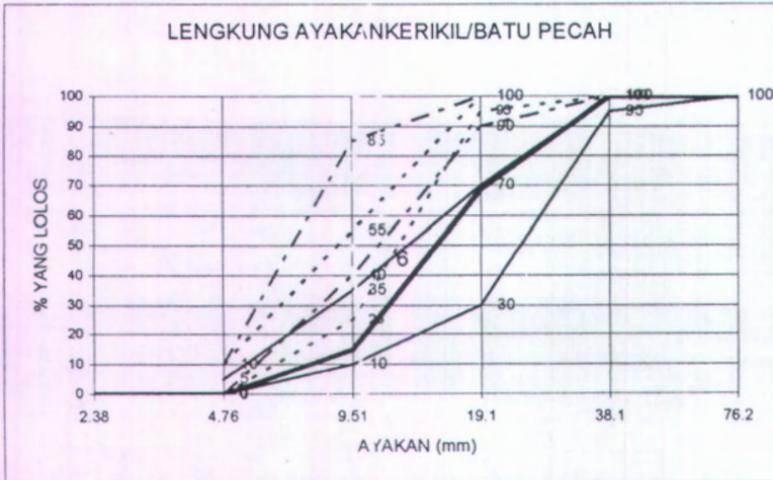
#### 4.2.3.2 Agregat Kasar ( Batu Pecah )

Tabel 4.15 Hasil Ayakan Batu Pecah

LUBANG AYAKAN		KERIKIL / BATU PECAH		
		TERTINGGAL		
No.	mm	Gram	E %	Kumulatif E%
3"	76,2	-	-	-
3/2"	38,1	-	-	-
3/4"	19,1	3842.5	32.15	32.15
3/8"	9,5	7071	59.16	91.31
No. 4	4,76	777	6.50	97.81
No. 8	2,38	32	0.27	98.08
No. 16	1,1	10	0.08	98.16
No. 30	0,59	11	0.09	98.25
No. 50	0,297	33	0.28	98.53
No. 100	0,149	40.5	0.34	98.87
Pan	0,000	135.5	1.13	
JUMLAH		11952.5	100	713.14
		Fm kr = 7.13		

Keterangan : E % = Prosentase pasir yang tertinggal diatas ayakan

Fm kr = Modulus kehalusan kerikil



Gambar 4.2 Grafik Ayakan Batu Pecah

Kesimpulan analisa ayakan batu pecah

Kondisi Batu Pecah :

- |                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| 1. Kadar organik / colloid | : 2,6%                       |
| 2. Berat jenis (SSD)       | : 2.7 gr / cm <sup>3</sup>   |
| 3. Berat Volume            | : 1.585 gr / cm <sup>3</sup> |
| 4. Kelembaban              | : 1.105 %                    |
| 5. Resapan                 | : 1.40 %                     |
| 6. Modulus Kehalusan       | : 7.13 %                     |
| 7. Diameter Maximum        | : 20mm/10mm                  |

#### 4.2.3.3 Agregat Gabungan

Merupakan gabungan dari agregat halus ( pasir )  
dengan agregat kasar ( batu pecah )

Tabel 4.16 Hasil ayakan campuran

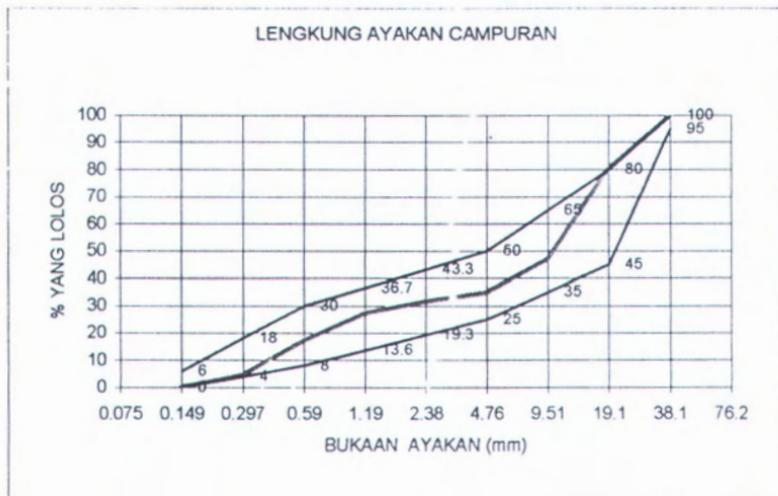
Lubang	Pasir		K/BP		Campuran pasir + kerikil / batu pecah				
	I	II	I	II	Pasir	Pasir	K/BP	K/BP	E%
Inc/mm	E%	E%	E%	E%	I	II	I	II	
					40%		60%		
Φ 3"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 ½ "	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¾ "	-	-	32.15	-	-	-	19.29	-	19.29
3/8 "	-	-	91.31	-	-	-	54.79	-	54.79
# 4,76	7.35	-	97.81	-	2.94	-	58.67	-	61.61
2,38	15.89	-	98.08	-	6.356	-	58.87	-	65.226
1,19	27.30	-	98.16	-	10.92	-	58.9	-	69.82
0,59	54.43	-	98.25	-	21.77	-	58.95	-	80.72
0,297	87.42	-	98.53	-	34.97	-	59.12	-	94.09
0,149	98.82	-	98.87	-	39.53	-	59.32	-	98.85
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah	291.21	-	713.14	-	115.48	-	427.91		560.375
F	2.9121	-	7.1314	-	Fm camp = 5.60375				

Keterangan :  $E\%$  = Prosentase ( pasir atau batu pecah ) yang tertinggal.

$F$  = Modulus kehalusan ( pasir atau batu pecah )

$F_m \text{ camp}$  = Modulus kehalusan campuran pasir dan batu pecah

$K / BP$  = Kerikil atau batu pecah



Gambar 4.3 Grafik Ayakan Campuran Batu Pecah Dengan Pasir

Dari grafik terlihat bahwa hasil campuran antara pasir dan batu pecah berada didalam grafik. Hal ini menunjukkan bahwa campuran antara pasir dan batu pecah telah sesuai .

### 4.3 Uji Parameter Fisik

#### 4.3.1 Setting Time (ASTM C 191-92)

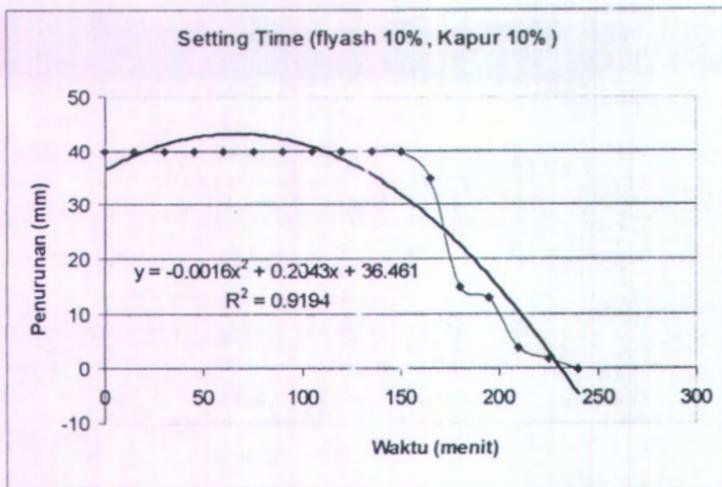
Telah dijelaskan didepan bahwa setting time merupakan suatu uji untuk mengetahui pengikatan awal dan pengikatan akhir pada binder binder, dimana indikasi pengikatan awal terjadi ketika penurunan jarum vicat tercatat sebesar 25 mm. Sedangkan untuk pengikatan akhir tercatat kurang lebih 0 mm, dengan kata lain tidak terjadi penurunan jarum vicat.

##### 4.3.1.1 Binder (Fly ash 10% + Kapur 10% + PC 80%)

Interval waktu (menit)	Penetrasi (mm)
0	40
15	40

30	40
45	40
60	40
75	40
90	40
105	40
120	40
135	40
150	40
165	35
180	15
195	13
210	4
225	2
240	0

Tabel 4.17 Setting Time Binder (Fa 10% +K 10%)



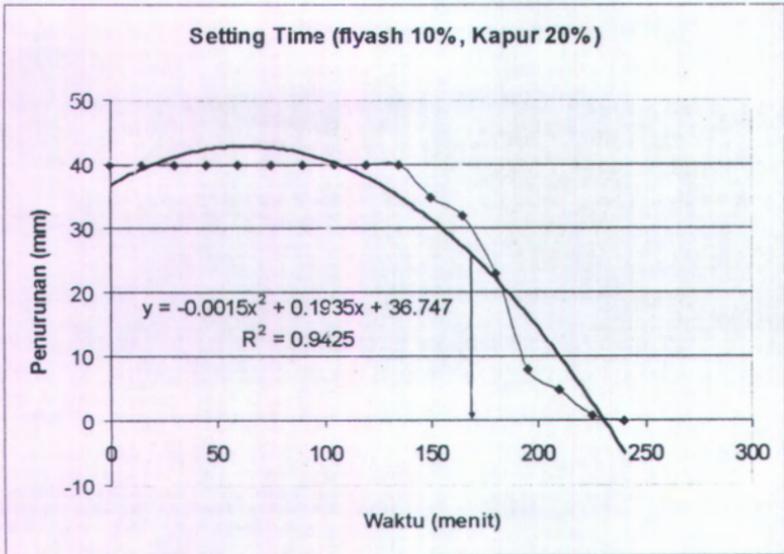
Gambar 4.4 Grafik setting time binder (Fa 10% +K 10%)

Berdasarkan grafik diatas, pengikatan terjadi sampai menit ke 240. Mulai awal sampai menit ke 150, pengikatan tidak terjadi perubahan. Pengikatan awal dicapai pada saat binder binder mencapai 175 menit setelah pencampuran, sedangkan pengikatan akhirnya terjadi pada 240 menit setelah pencampuran.

#### 4.3.1.2 Binder (Fly ash 10% + Kapur 20% + PC 70%)

Interval waktu (menit)	Penetrasi (mm)
0	40
15	40
30	40
45	40
60	40
75	40
90	40
105	40
120	40
135	40
150	35
165	32
180	23
195	8
210	5
225	1
240	0

Tabel 4.18 Setting Time Binder (Fa 10% +K 20%)



Gambar 4.5 Grafik setting time binder (Fa 10% +K 20%)

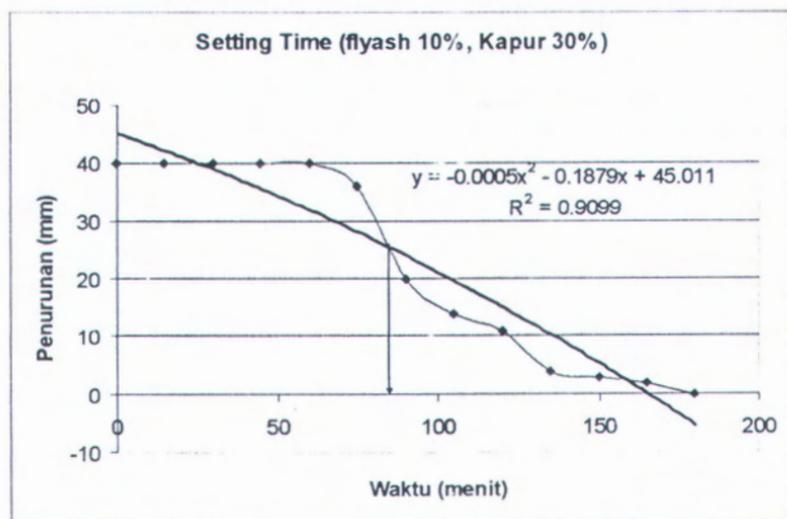
Berdasarkan grafik diatas, pengikatan terjadi sampai menit ke 240. Mulai awal sampai menit ke 135, pengikatan tidak terjadi perubahan. Pengikatan awal dicapai pada saat binder binder mencapai 160 menit setelah pencampuran, sedangkan pengikatan akhirnya terjadi pada 230 menit setelah pencampuran.

#### 4.3.1.3 Binder (Fly ash 10% + Kapur 30% + PC 60%)

Interval waktu (menit)	Penetrasi (mm)
0	40
15	40
30	40
45	40
60	40
75	36
90	20
105	14

120	11
135	4
150	3
165	2
180	0

Tabel 4.19 Setting Time Binder (Fa 10% +K 30%)



Gambar 4.6 Grafik setting time binder (Fa 10% +K 30%)

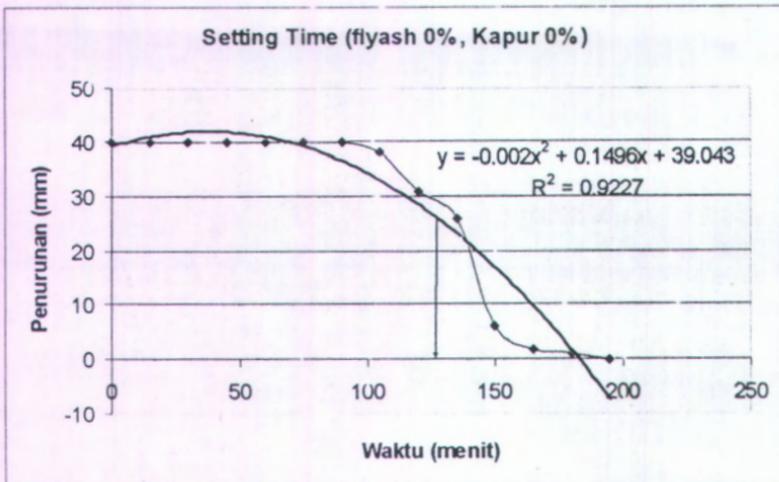
Berdasarkan grafik diatas, pengikatan terjadi sampai menit ke 180. Mulai awal sampai menit ke 60, pengikatan tidak terjadi perubahan. Pengikatan awal dicapai pada saat binder binder mencapai 87 menit setelah pencampuran, sedangkan pengikatan akhirnya terjadi pada 180 menit setelah pencampuran.

#### 4.3.1.4 Binder (Fly ash 0% + Kapur 0% + PC 100%)

Interval waktu (menit)	Penetrasi (mm)
0	40
15	40
30	40

45	40
60	40
75	40
90	40
105	38
120	31
135	26
150	6
165	2
180	1
195	0
210	0
225	0
240	0

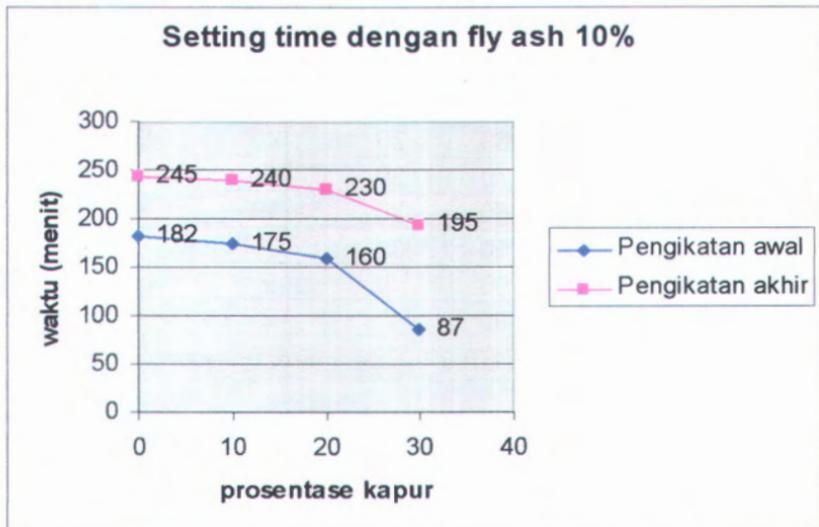
Tabel 4.20 Setting Time Binder (Fa 0% +K 0%)



Gambar 4.7 Grafik setting time binder (Fa 0% +K 0%)

Berdasarkan grafik diatas, pengikatan terjadi sampai menit ke 195. Mulai awal sampai menit 90,

pengikatan tidak terjadi perubahan. Pengikatan awal dicapai pada saat binder binder mencapai 131 menit setelah pencampuran, sedangkan pengikatan akhirnya terjadi pada 195 menit setelah pencampuran.



Gambar 4.8 Grafik gabungan setting time binder

Berdasarkan grafik di atas, terlihat antara pengikatan awal dan akhir memiliki pola yang hampir sama, dan dapat dianalisa bahwasanya semakin besar penambahan prosentase kapur maka waktu setting bertambah cepat.

#### 4.3.2 Porositas (ASTM C 642-90)

Test porositas merupakan suatu test untuk mengetahui kadar pori tertutup suatu binder, dimana binder yang baik adalah binder yang mempunyai kadar porositas yang kecil. Berikut ini adalah data beton yang akan diuji porositasnya :

No.	% PC	% Flyash	% Kapur
1	100	0	0
2	90	0	10
3	80	0	20
4	90	10	0
5	80	10	10
6	70	10	20
7	80	20	0
8	70	20	10
9	60	20	20
10	70	30	0
11	60	30	10
12	50	30	20
13	90	8	2
14	90	7	3

Tabel 4.21 Daftar binder untuk uji porositas

➤ Perhitungan :

- Kepadatan absolut (  $r$  ) adalah perbandingan berat dan volume dalam keadaan halus

$$r = \frac{m_o}{V_o} \quad (3.1)$$

- Kepadatan visual (  $\alpha$  ) adalah perbandingan contoh dalam keadaan kering (  $M_o$  ) terhadap volume yang tampak (  $M_h - \mu$  )

$$\alpha = \frac{M_o}{M_h - \mu} \quad (3.2)$$

- Porositas total (  $p_{tot}$  ) dalam persen adalah perbandingan volume pori terhadap volume yang tampak

$$p_{tot} (\%) = 100 \times (1 - \alpha/r) \quad (3.3)$$

- Porositas terbuka (pope) dalam persen adalah perbandingan volume porositas terbuka terhadap yang tampak.

$$\text{pope} (\%) = 100 \times \frac{(Mh - Mo)}{(Mh - \mu)} \quad (3.4)$$

- Porositas tertutup adalah perbandingan porositas tertutup terhadap volume yang tampak

$$\text{pclo} (\%) = \text{ptot} - \text{pope} \quad (3.5)$$

No.	$\mu$	Mh	Mo	mo	Vo	r	$\alpha$	Ptot	Pope	Pelo
	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(ml)	(gr/ml)		(%)	(%)	(%)
1	238	392	341	177	54	3.28	2.21	33.87	27.55	7.53
2	226	384	336	164	51	3.22	2.13	38.92	33.11	6.32
3	219	376	321	158	50	3.16	2.04	46.80	41.70	5.10
4	234	389	332	168	52	3.23	2.14	47.73	42.59	7.62
5	227	371	320	149	50	2.98	2.22	38.76	30.03	6.44
6	220	369	317	137	49	2.80	2.13	36.81	29.69	5.16
7	233	382	334	156	52	3.00	2.24	46.88	41.57	7.70
8	226	366	316	142	51	2.78	2.26	38.64	30.09	6.47
9	213	352	303	133	49	2.71	2.18	36.79	29.91	5.21
10	221	377	322	151	53	2.85	2.06	46.59	41.19	7.81
11	218	363	317	140	51	2.75	2.19	37.74	29.13	6.53
12	211	349	198	129	47	2.74	1.43	35.92	29.16	5.33
13	240	382	339	173	53	3.26	2.39	47.77	41.40	6.37
14	237	376	331	165	52	3.17	2.38	47.65	41.25	6.40

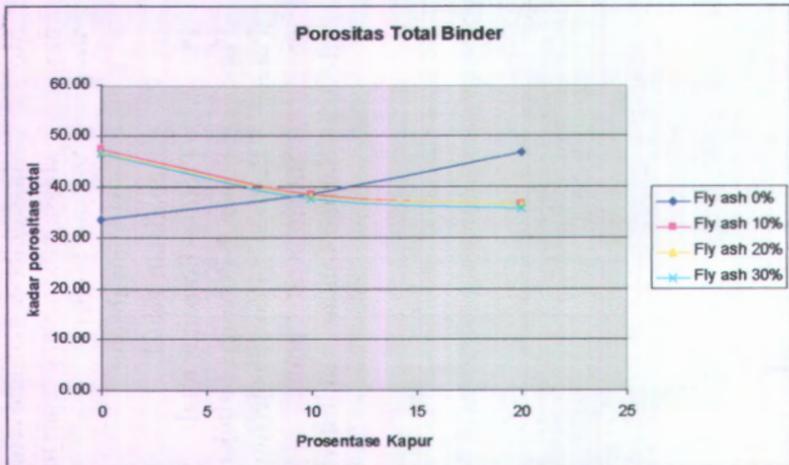
Tabel 4.22 Hasil perhitungan porositas

Keterangan :

- $\mu$  = Massa binder dalam air  
Mh = Massa binder Dalam keadaan SSD

Mo	= Massa binder kering oven.
mo	= Massa binder yang telah halus
Vo	= Volume binder
r	= Kepadatan absolut
$\alpha$	= Kepadatan visual
Ptot	= Ptotal = Porositas total
Pope	= Popen = Porositas terbuka
Pclo	= Pclosed = Porositas tertutup
gr	= Satuan berat = gram
ml	= Saruan volume = mililiter

### 4.3.3 Porositas Total



Gambar 4.9 Grafik porositas total binder

Dari tabel dan grafik di atas dapat dianalisa bahwasanya komposisi yang terbaik adalah yang menggunakan campuran 10% kapur dan 10% fly ash, dan juga porositas tertutup pada beton adalah refleksi dari kuat tekannya. Selain itu sesuai dengan sebuah penelitian yang menyatakan bahwasanya kapur dengan butirannya yang lembut dapat menjadi *filler*/pengisi, sehingga pori yang ada dapat diminimalisir dengan adanya kapur yang bereaksi dengan fly ash (*Ingleth, Metcalf, 1992*). Fly ash bereaksi dengan kapur yang menghasilkan Silicate Hydrate dan Bicalcium Silicate dan menjadi perekat berukuran kecil (*Headwaters Journal, 2007*).

### 4.3.4 Tes Kehalusan

Pengujian kehalusan merupakan suatu test untuk mengetahui dan mendapatkan nilai kehalusan dari semen, fly ash dan kapur. Pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pengendalian mutu dari pada yang diuji

tersebut. Untuk pengujian kehalusan ini dilakukan di Laboratorium penelitian milik PT. Semen Gresik, dan berikut ini adalah hasilnya :

Rumus Perhitungan :

Berat contoh = (Berat Jenis \* 0.5 \* faktor alat)

faktor alat = 1.7695

Kehalusan = akar kuadrat waktu permeabilitas \* faktor kalibrasi alat

faktor kalibrasi alat = 374.17



Gambar 4.11  
alat uji kehalusan

#### 4.3.4.1 Tes Kehalusan pada Semen

**Nama Sampel : Semen**

Berat Jenis Contoh ( gr/cm <sup>3</sup> )	3.15
Berat contoh (gram)	2.787
Waktu permeabilitas (t)	81.42
akar kuadrat waktu permeabilitas	9.02

Faktor kalibrasi alat uji kehalusan	374.17
-------------------------------------	--------

Kehalusan (cm<sup>2</sup>/gram) 3375.013

#### 4.3.4.2 Tes Kehalusan pada Fly ash

##### Nama Sampel : Fly ash

Berat Jenis Contoh ( gr/cm <sup>3</sup> )	2.65
Berat contoh (gram)	2.3446
Waktu permeabilitas (t)	71.25
akar kuadrat waktu permeabilitas	8.44
Faktor kalibrasi alat uji kehalusan	374.17

Kehalusan (cm<sup>2</sup>/gram) 3157.995

#### 4.3.4.3 Tes Kehalusan pada Kapur

##### Nama Sampel : Kapur

Berat Jenis Contoh ( gr/cm <sup>3</sup> )	2.56
Berat contoh (gram)	2.268
Waktu permeabilitas (t)	60.37
akar kuadrat waktu permeabilitas	7.77
Faktor kalibrasi alat uji kehalusan	374.17

Kehalusan (cm<sup>2</sup>/gram) 2907.301

#### 4.3.5 Temperatur Hidrasi

Temperatur hidrasi merupakan subbab yang membahas antara waktu dengan temperatur binder selama mengalami reaksi eksoterm ( atau pelepasan panas ). Pada subbab ini pembahasan akan ditampilkan dalam bentuk tabel yang memuat hubungan antara waktu dengan besar temperatur binder, yang selanjutnya akan ditampilkan grafik dari tabel yang telah dibuat.

**4.3.5.1 Temperatur Hidrasi**  
**(Fly ash 10%, Kapur 10%, PC 80%)**

Interval waktu (menit)	Temperatur (celcius)
0	30
15	33
30	35
45	38
60	41
75	43
90	46
105	50
120	53
135	54
150	56
165	59
180	60
195	64
210	63
225	62
240	60
255	54
270	52
285	50
300	48
315	44
330	41
345	37
360	34
375	30
390	28

Tabel 4.23

Hasil perhitungan percobaan temperatur hidrasi ke 1

4.3.5.2 Temperatur Hidrasi  
(Fly ash 0%, Kapur 0%, PC 100%)

Interval waktu (menit)	Temperatur (celcius)
0	32
15	35
30	39
45	46
60	51
75	58
90	63
105	71
120	78
135	83
150	95
165	96
180	95
195	90
210	80
225	72
240	64
255	58
270	50
285	45
300	40
315	35
330	30

Tabel 4.24

Hasil perhitungan percobaan temperatur hidrasi ke 2

#### 4.3.5.3 Temperatur Hidrasi (Fly ash 20%, Kapur 0%, PC 80%)

Interval waktu (menit)	Temperatur (celcius)
0	31
15	36
30	47
45	61
60	70
75	80
90	84
105	83
120	82
135	73
150	62
165	45
180	35
195	30

Tabel 4.25

Hasil perhitungan percobaan temperatur hidrasi ke 3

#### 4.3.5.4 Temperatur Hidrasi (Fly ash 20%, Kapur 20%, PC 60%)

Interval waktu (menit)	Temperatur (celcius)
0	30.5
15	37
30	43
45	47
60	51
75	61
90	69
105	73
120	75

135	83
150	88
165	90
180	91
195	89
210	87
225	80
240	77
255	71
270	68
285	60
300	52
315	48
330	41
345	35
360	29

Tabel 4.26

Hasil perhitungan percobaan temperatur hidrasi ke 4

#### 4.3.5.5 Temperatur Hidrasi

(Fly ash 20%, Kapur 10%, PC 70%)

Interval waktu (menit)	Temperatur (celcius)
0	30.5
15	35
30	40
45	45
60	57
75	64
90	66
105	75
120	82
135	83
150	84

165	85
180	86
195	83
210	82
225	81
240	78
255	74
270	65
285	62
300	54
315	45
330	41
345	36
360	33
375	30

Tabel 4.27

Hasil perhitungan percobaan temperatur hidrasi ke 5

#### 4.3.5.6 Temperatur Hidrasi

(Fly ash 10%, Kapur 20%, PC 70%)

Interval waktu (menit)	Temperatur (celcius)
0	30
15	37
30	41.5
45	44
60	47
75	50
90	55
105	59
120	64
135	67
150	73
165	74

180	73
195	71
210	70
225	66
240	63
255	60
270	54
285	51
300	47
315	43
330	40
345	35
360	30

Tabel 4.28

Hasil perhitungan percobaan temperatur hidrasi ke 6

#### 4.3.5.7 Temperatur Hidrasi (Fly ash 0%, Kapur 10%, PC 90%)

Interval waktu (menit)	Temperatur (celcius)
0	31
15	35.5
30	39
45	46
60	52
75	59
90	65
105	71
120	80
135	88
150	91.5
165	93
180	91
195	89

210	73
225	66
240	58
255	52
270	47
285	38
300	36
315	35
330	33.5
345	32
360	29

Tabel 4.29

Hasil perhitungan percobaan temperatur hidrasi ke 7

#### 4.3.5.8 Temperatur Hidrasi

(Fly ash 0%, Kapur 20%, PC 80%)

Interval waktu (menit)	Temperatur (celcius)
0	29
15	36
30	39.5
45	44
60	48.5
75	51
90	56
105	61
120	66
135	70
150	79
165	86
180	92
195	95
210	93

225	87
240	80
255	73
270	65
285	60
300	55
315	49
330	47
345	38
360	35
375	30

Tabel 4.30

Hasil perhitungan percobaan temperatur hidrasi ke 8

#### 4.3.5.9 Temperatur Hidrasi

(Fly ash 10%, Kapur 0%, PC 90%)

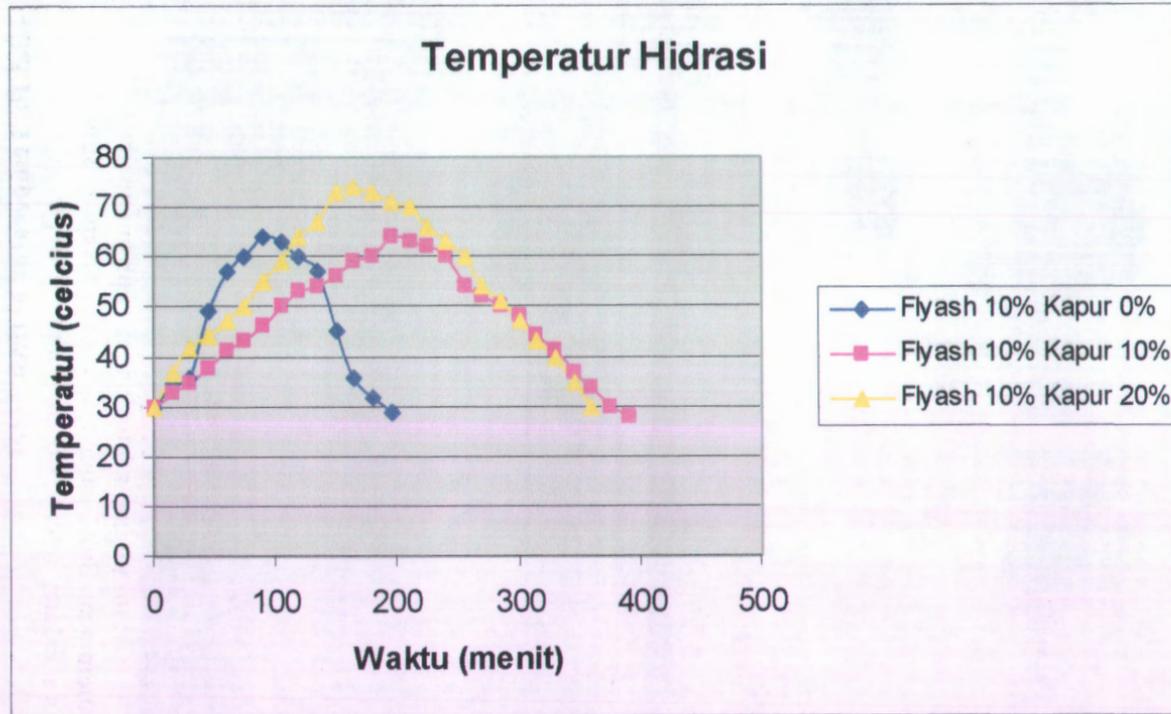
Interval waktu (menit)	Temperatur (celcius)
0	30
15	35
30	36
45	49
60	57
75	60
90	64
105	63
120	60
135	57
150	45
165	36
180	32
195	29

Tabel 4.31

Hasil perhitungan percobaan temperatur hidrasi ke 9

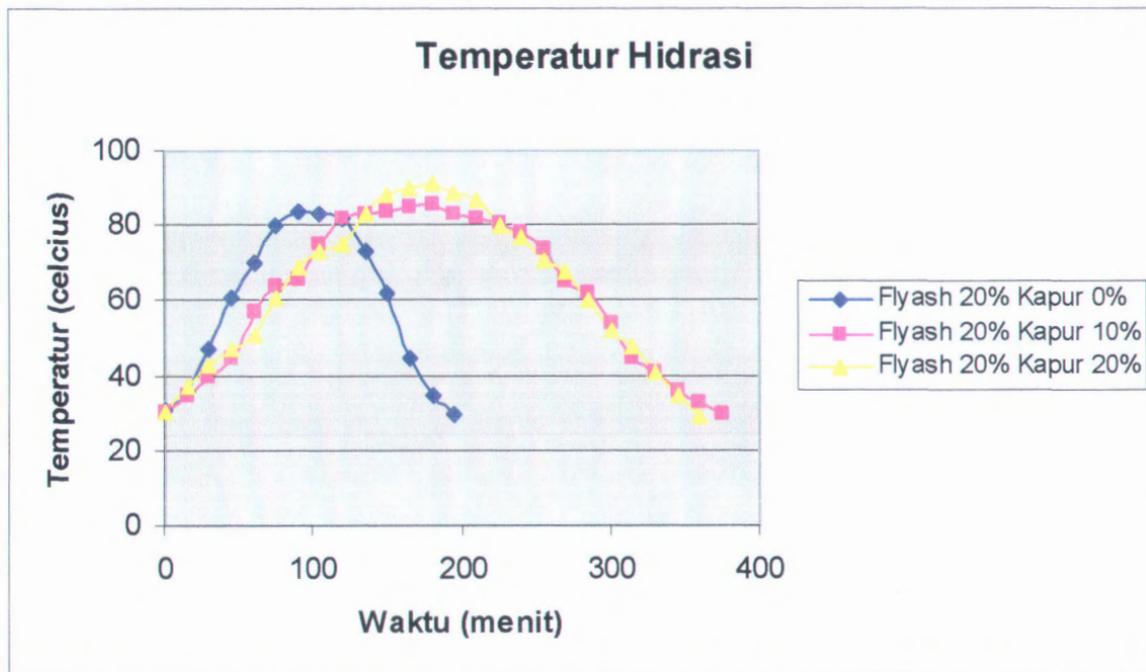
#### **4.3.5.10 Temperatur hidrasi Total**

Dari keseluruhan percobaan temperatur hidrasi yang telah disajikan dalam tabel yang sebelumnya maka akan dibuat tabel gabungannya berikut ini :



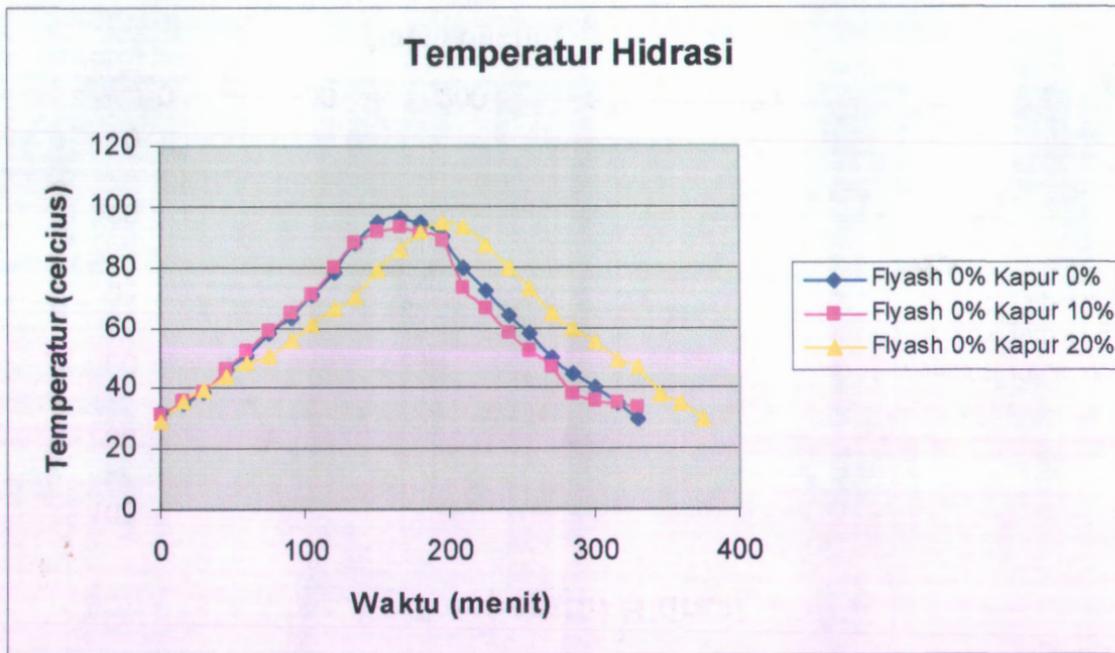
Gambar 4.12. Grafik gabungan temperatur hidrasi binder dengan fly ash 10%

Dari grafik sebelumnya dapat dianalisa bahwasanya semakin besar prosentase kapur yang dicampurkan maka semakin lama juga waktu temperatur hidrasinya.



Gambar 4.13. Grafik gabungan temperatur hidrasi binder dengan fly ash 20%

Dari grafik sebelumnya dapat dianalisa bahwasanya semakin besar prosentase kapur yang dicampurkan maka semakin lama juga waktu temperatur hidrasinya.



Gambar 4.14 Grafik gabungan temperatur hidrasi binder dengan fly ash 30%

Dari grafik sebelumnya dapat dianalisa bahwa reaksi pozzolanic yang terjadi di dalam fly ash dapat menurunkan temperatur hidrasi, sedangkan apabila pada *portland cement* panas hidrasinya merupakan reaksi eksotermik (*Headwaters Journal, 2007*).

#### 4.4 Uji Parameter Mekanik

##### 4.4.1 Uji Konsistensi Normal

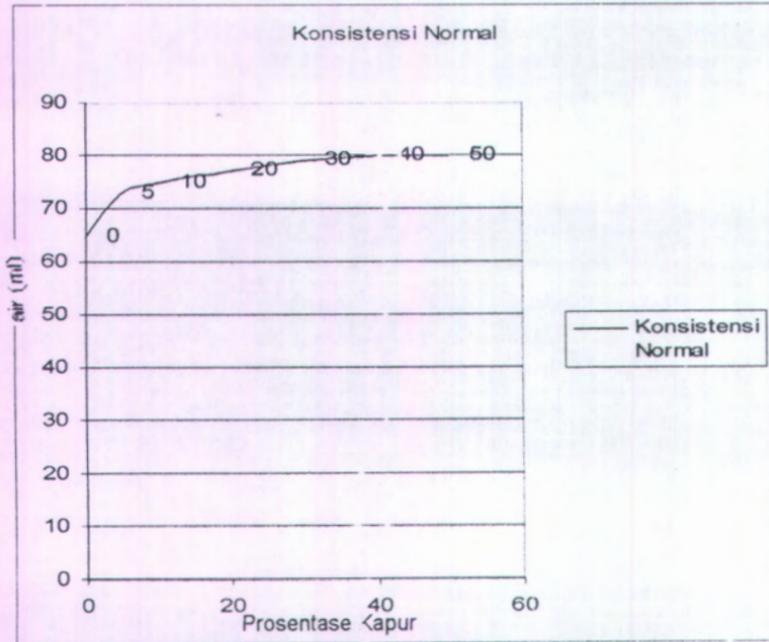
Untuk mencari kadar air campuran maka perlu dilakukan pengujian konsistensi normal untuk tiap-tiap komposisi (*SNI 03-6826-2002*).

Semen (%)	Kapur (%pc)	Air (ml)
100	0	65
95	5	73
90	10	75
80	20	77
70	30	79
60	40	80
50	50	80

ket : 100% = 250gr

Tabel 4.32

Hasil perhitungan konsistensi normal



Gambar 4.15  
Grafik konsistensi normal

Dari grafik di atas dapat digambarkan bahwasanya semakin banyak prosentase kapurnya maka air yang dibutuhkan juga semakin banyak, hal ini sesuai dengan pendapat (*Qunik Wiqoyah, 2005*) bahwa salah satu sifat dari kapur adalah menyerap air.

#### 4.4.2 Tes Kuat Tekan (ASTM C 823-75)

Test kuat tekan ini dilakukan pada saat beton berumur 3,7,14,21,28 dan 56 hari, untuk binder dan mortar 14 dan 28 hari dimana untuk masing-masing komposisi ada 3 sample yang akan ditest.

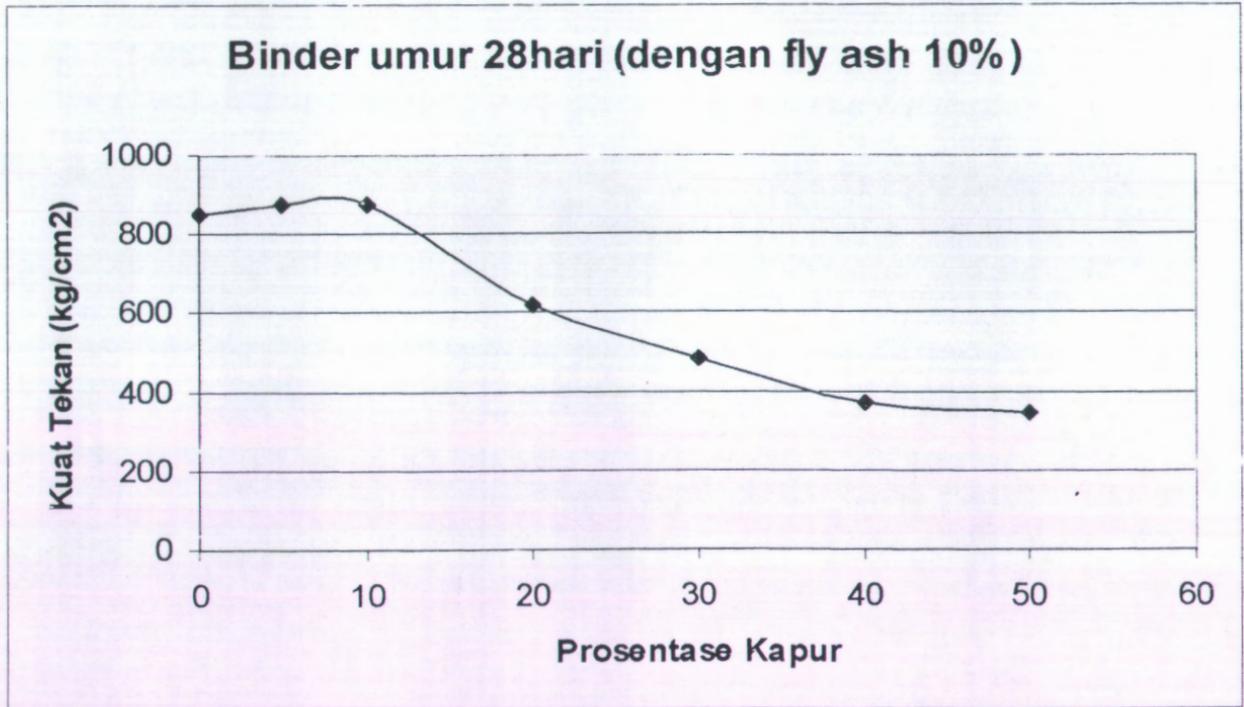
##### 4.4.2.1 Kuat Tekan Binder

###### 4.4.2.1.1 Binder Tahap 1

**Binder Dengan Fly Ash 10%**  
(Umur 28hari)

No	Semen (%)	Kapur (%)	Fly ash (%)	Air (ml)	R.uji ke	Berat (gr)	Gaya Tekan(kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	90	0	10	65	1	26.5	2620	854.03
					2	26	2710	
					3	26	2715	
2	85	5	10	73	1	26.5	2810	874.73
					2	27	2830	
					3	26.5	2600	
3	80	10	10	75	1	26	2840	873.67
					2	27	2650	
					3	27.5	2740	
4	70	20	10	77	1	26	2000	623.14
					2	27	1950	
					3	26.5	1920	
5	60	30	10	79	1	24	1500	481.95
					2	26	1540	
					3	25.5	1500	
6	50	40	10	80	1	26.5	1400	373.67
					2	26	1120	
					3	25	1000	
7	40	50	10	80	1	23.5	1200	350.32
					2	23	900	
					3	23.5	1200	

Tabel 4.33 Kuat tekan binder umur 28 hari.

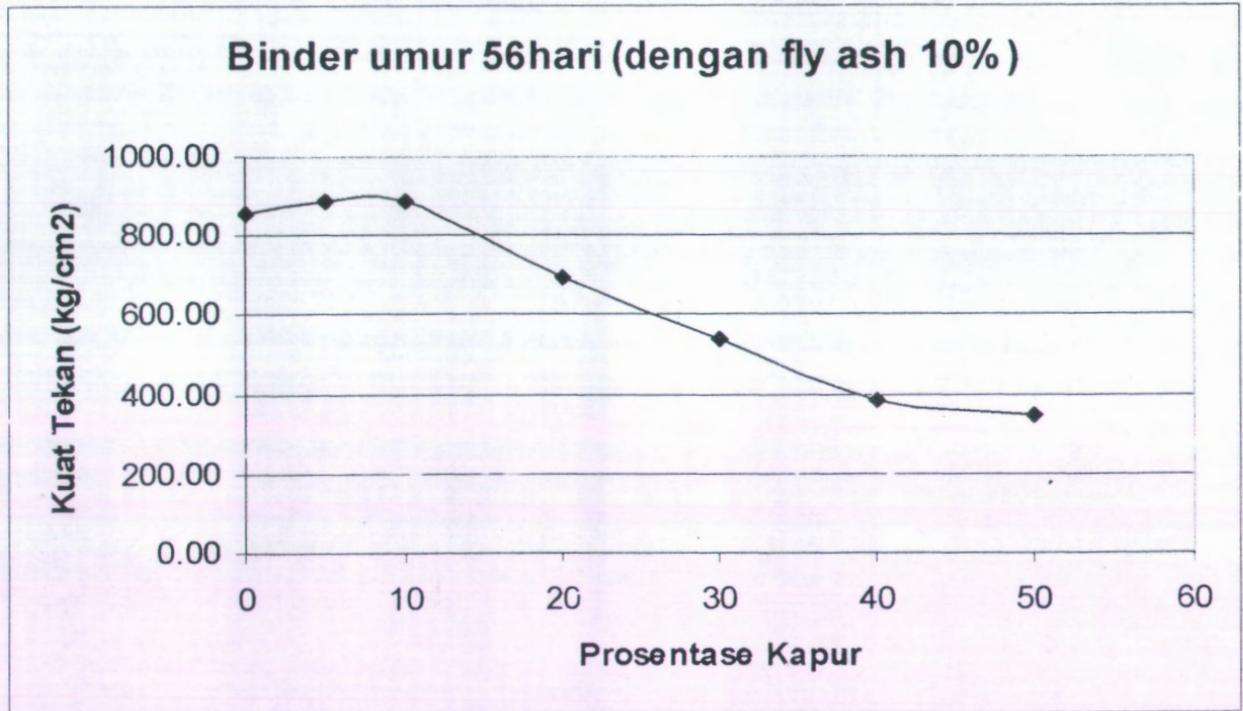


Gambar 4.16 Kuat Tekan Binder (dengan fly ash 10%) Umur 28 hari.

## Binder Dengan Fly Ash 10% (Umur 56hari)

No	Semen (%)	Kapur (%)	Fly ash (%)	Air (ml)	B.uji ke	Berat (gr)	Gaya Tekan(kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	90	0	10	65	1	27	2650	857.75
					2	27.5	2715	
					3	26.5	2715	
2	85	5	10	73	1	26	2810	687.47
					2	26	2830	
					3	26	2720	
3	80	10	10	75	1	26.5	2810	888.54
					2	27	2740	
					3	27	2820	
4	70	20	10	77	1	25.5	2200	695.33
					2	25	2250	
					3	25.5	2100	
5	60	30	10	79	1	26	1700	540.34
					2	27	1640	
					3	25.5	1750	
6	50	40	10	80	1	25.5	1400	384.29
					2	25	1120	
					3	26	1100	
7	40	50	10	80	1	23	1200	350.32
					2	23.5	1100	
					3	23.5	1000	

Tabel 4.34 Kuat tekan binder umur 56 hari

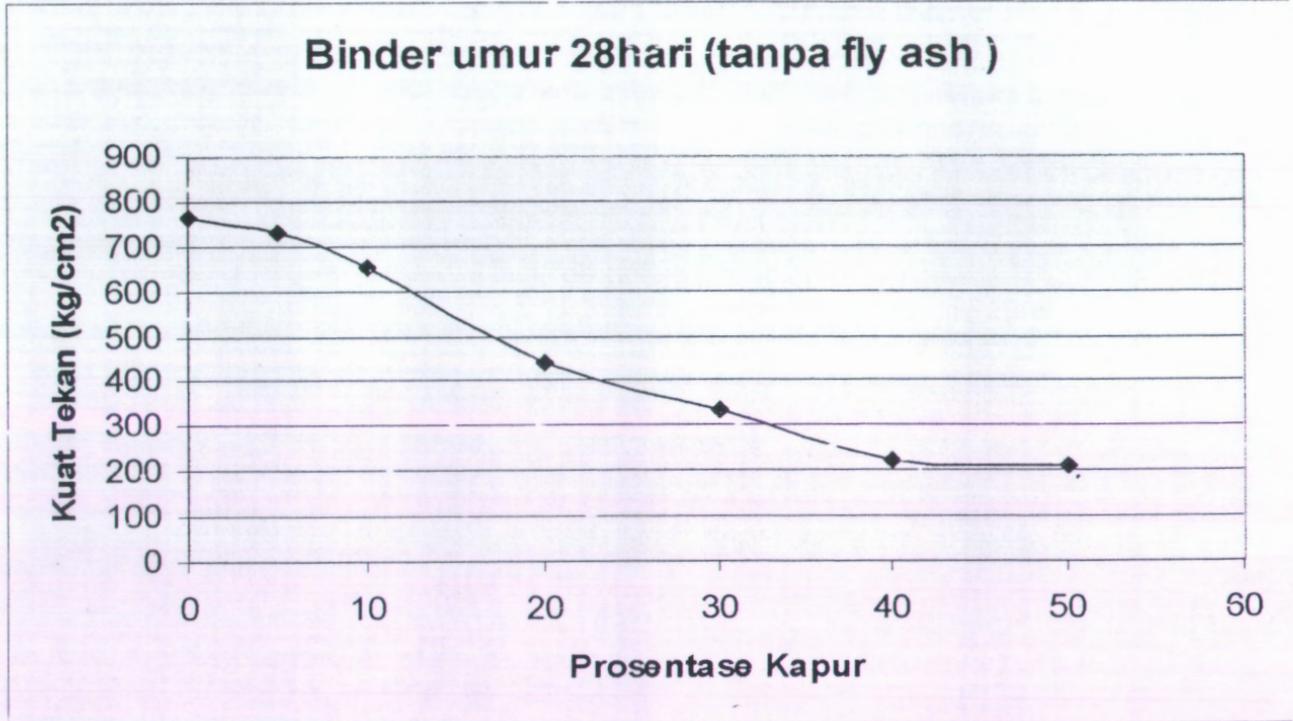


Gambar 4.17 Kuat Tekan Binder (dengan fly ash 10%) Umur 56 hari.

## Binder Tanpa Fly Ash (Umur 28hari)

No	Semen (gr)	Kapur (%)	Fly ash (%)	Air (ml)	Uji ke	Berat (gr)	Gaya Tekan(kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	100	0	0	65	1	27	2350	768.58
					2	27.5	2570	
					3	27	2320	
2	95	5	0	73	1	26.5	2050	734.61
					2	26.5	2470	
					3	26.5	2400	
3	90	10	0	75	1	26	2100	652.87
					2	26.5	2000	
					3	26	2050	
4	80	20	0	77	1	26.5	1520	443.74
					2	26.5	1450	
					3	26	1210	
5	70	30	0	79	1	25.5	1350	336.52
					2	25	900	
					3	25	920	
6	60	40	0	80	1	25.5	760	223.99
					2	26	600	
					3	26.5	750	
7	50	50	0	80	1	24.5	620	214.44
					2	24	650	
					3	24.5	750	

Tabel 4.35 Kuat tekan binder tanpa fly ash umur 28 hari

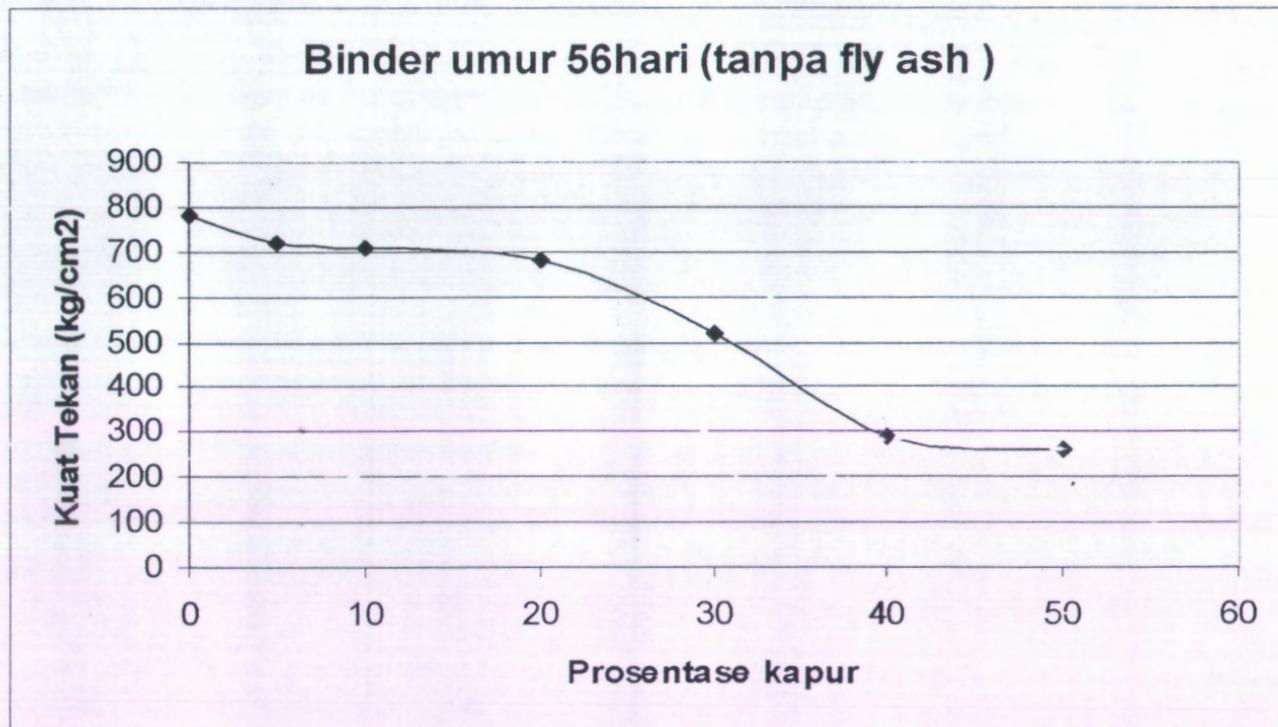


Gambar 4.18 Kuat Tekan Binder (tanpa fly ash) Umur 28 hari.

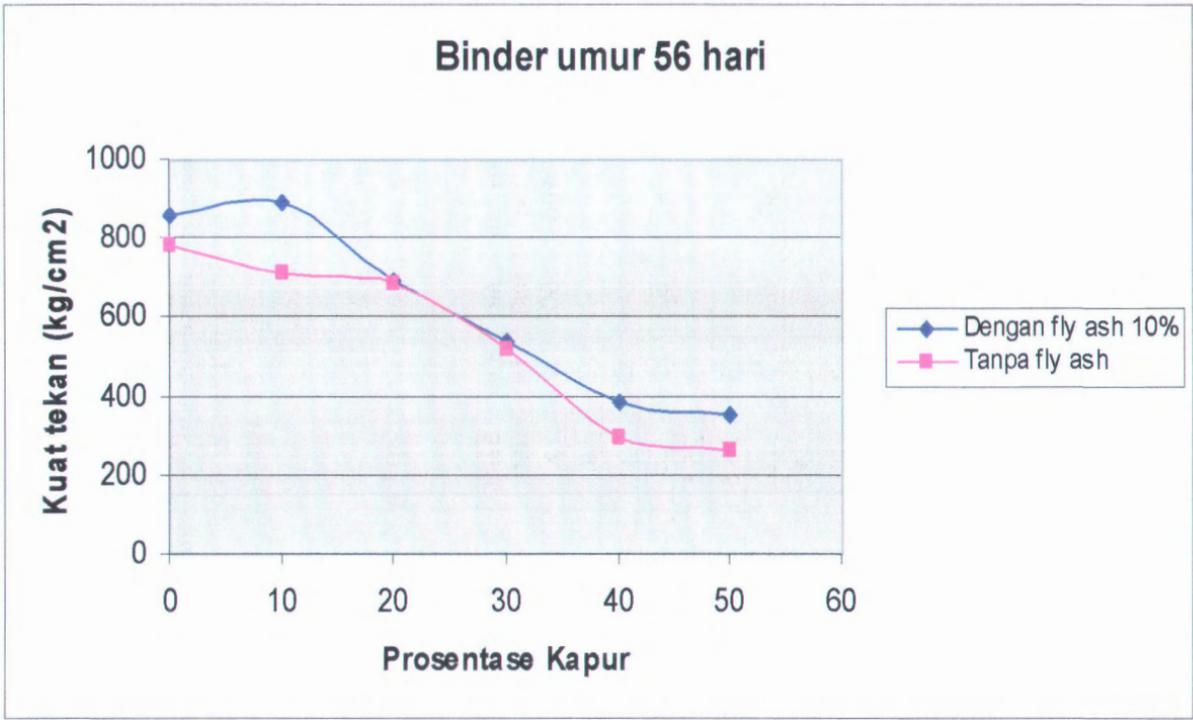
Binder Tanpa Fly Ash  
(Umur 56 hari)

No	Semen (%)	Kapur (%)	Fly ash (%)	Air (ml)	B. uji ke	Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	100	0	0	65	1	27	2400	780.25
					2	27.5	2500	
					3	27	2450	
2	95	5	0	73	1	27	2250	721.87
					2	26.5	2350	
					3	26.5	2200	
3	90	10	0	75	1	26	2300	711.25
					2	26	2200	
					3	25.5	2200	
4	80	20	0	77	1	26	2100	684.71
					2	26	2225	
					3	26	2125	
5	70	30	0	79	1	25	1450	520.17
					2	26	1900	
					3	25	1550	
6	60	40	0	80	1	25	900	291.93
					2	25	800	
					3	26.5	1050	
7	50	50	0	80	1	25	1050	265.39
					2	23	700	
					3	24	750	

Tabel 4.36 Kuat tekan binder tanpa fly ash umur 56 hari



Gambar 4.19 Kuat Tekan Binder (tanpa fly ash) Umur 56 hari.



Gambar 4.20 Kuat tekan binder umur 56 hari

Dari grafik sebelumnya dapat dianalisa bahwasanya binder umur 56 hari yang menggunakan fly ash sebesar 10% hasil kuat tekannya jauh lebih baik jika dibandingkan dengan binder yang tanpa menggunakan fly ash. Kesimpulan yang dapat diambil dari binder tahap 1 adalah bahwasanya untuk meningkatkan kuat tekan beton kapur harus direaksikan dengan fly ash, apabila tidak maka hasil kuat tekannya akan jelek.

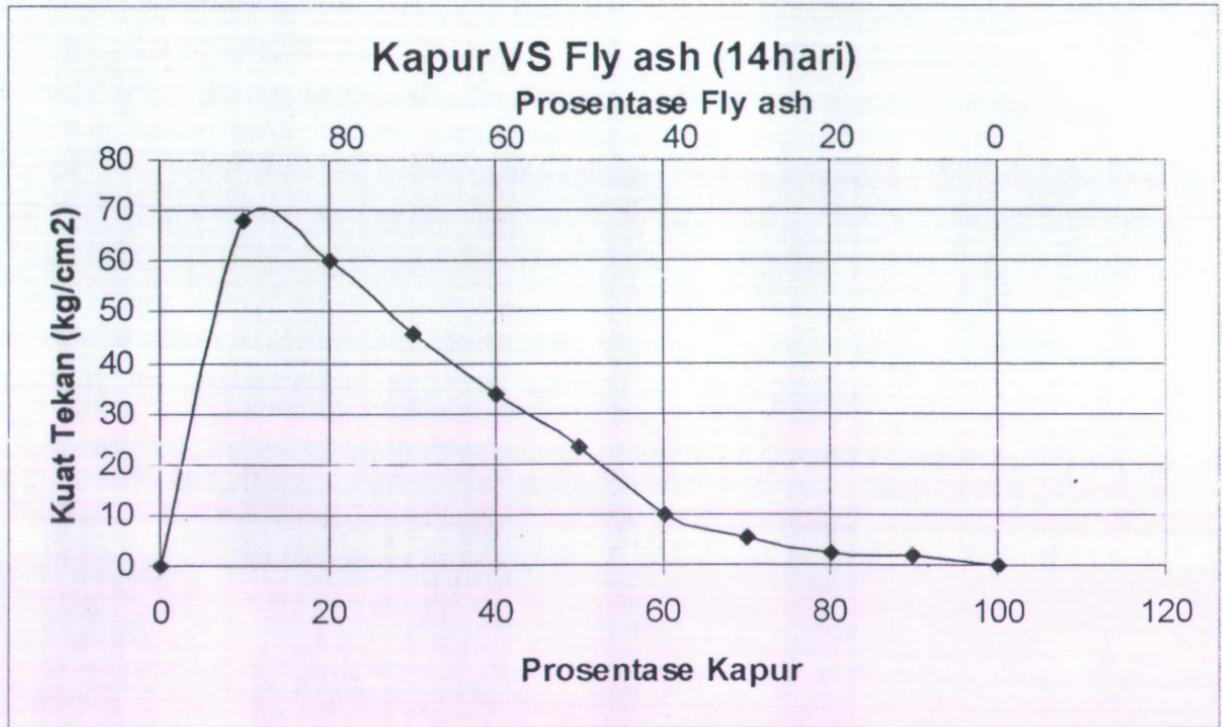
#### 4.4.2.1.2 Binder Tahap 2

##### Pengamatan Reaksi Kapur Terhadap Fly Ash (binder) 14 hari

No	Kapur (%)	Fly Ash (%)	Air (ml)	B.uji ke	Berat (gr)	Gaya Tekan(kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	0	100	50	1	x	x	0.00
				2	x	x	
				3	x	x	
2	10	90	52	1	26	240	67.94
				2	25.5	210	
				3	25.5	190	
3	20	80	53	1	26	190	60.19
				2	26	180	
				3	25	197	
4	30	70	55	1	25	150	45.65
				2	26.5	120	
				3	26	160	
5	40	60	56	1	26	110	33.55
				2	25.5	76	
				3	25.5	130	
6	50	50	60	1	25	70	23.57
				2	25.5	72	
				3	25.5	80	
7	60	40	60	1	24.5	30	9.77

				2	25	35	
				3	24.5	27	
8	70	30	60	1	24.5	21	5.41
				2	24.5	13	
				3	25	17	
9	80	20	64	1	24	10	2.44
				2	23.5	6	
				3	23.5	7	
10	90	10	64	1	23.5	6	2.02
				2	23.5	7	
				3	23.5	6	
11	100	0	67	1	x	x	0
				2	x	x	
				3	x	x	

Tabel 4.37 Kuat tekan binder (kapur vs fly ash) umur 14 hari



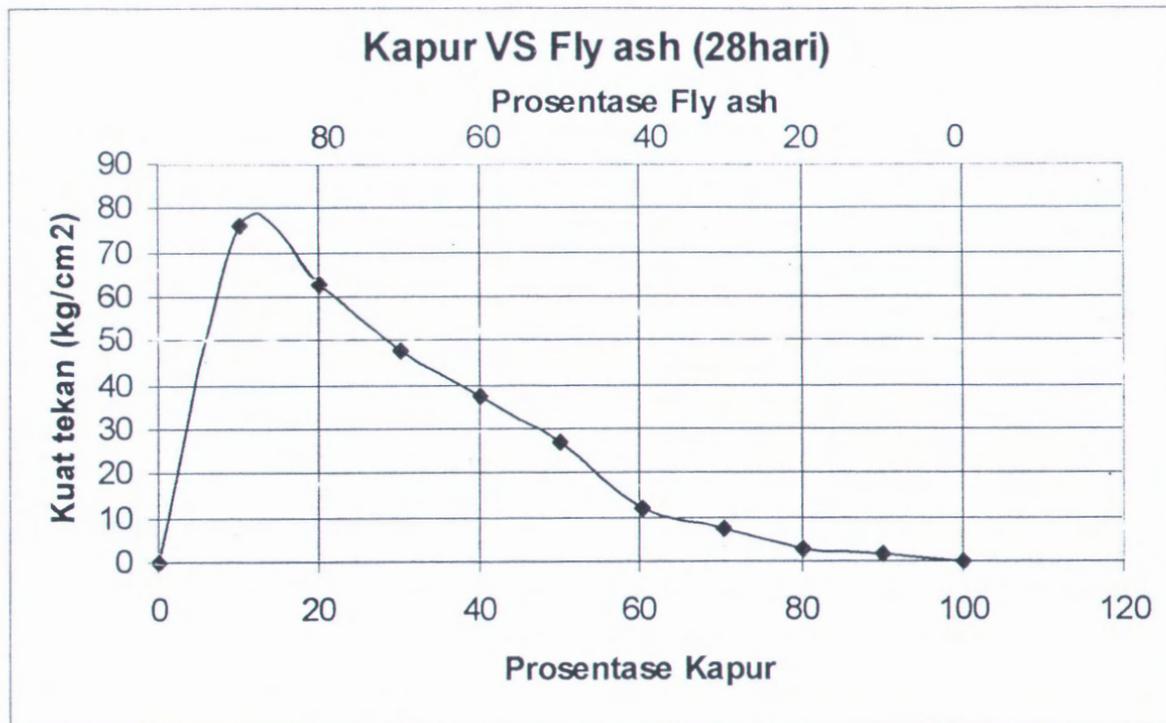
Gambar 4.21 Kuat tekan binder (kapur VS Fly ash) umur 14 hari

**Pengamatan Reaksi Kapur Terhadap Fly Ash (binder)  
28 hari**

No	Kapur (%)	Fly Ash (%)	Air (ml)	B.uji ke	Berat (gr)	Gaya Tekan(kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	0	100	50	1	x	x	0
				2	x	x	
				3	x	x	
2	10	90	52	1	26	240	76.43
				2	25.5	250	
				3	23	230	
3	20	80	53	1	25.5	190	62.63
				2	25.5	210	
				3	26	190	
4	30	70	55	1	25.5	150	47.77
				2	25.5	140	
				3	25.5	160	
5	40	60	56	1	25.5	120	37.69
				2	25.5	100	
				3	25.5	135	
6	50	50	60	1	25	80	27.07
				2	25	85	
				3	25.5	90	
7	60	40	60	1	25.5	40	12.21
				2	25	40	
				3	25	35	
8	70	30	60	1	25	24	7.32
				2	25.5	21	
				3	25	24	
9	80	20	64	1	25	8	2.87

				2	25	10	
				3	25	9	
10	90	10	64	1	24	6	2.02
				2	23	8	
				3	23	5	
11	100	0	67	1	x	x	0
				2	x	x	
				3	x	x	

Tabel 4.38 Kuat tekan binder (kapur vs fly ash) umur 28 hari



Gambar 4.22 Kuat tekan binder (kapur VS Fly ash) umur 28 hari

Dari grafik dapat dianalisa bahwasanya komposisi binder yang mencapai titik optimum adalah yang menggunakan kapur sebesar 10% dan fly ash sebesar 90% (pada kondisi kapur 100% dan fly ash 100% tidak ada hasilnya dikarenakan binder susah untuk dicetak, sehingga kuat tekannya ditulis = 0).

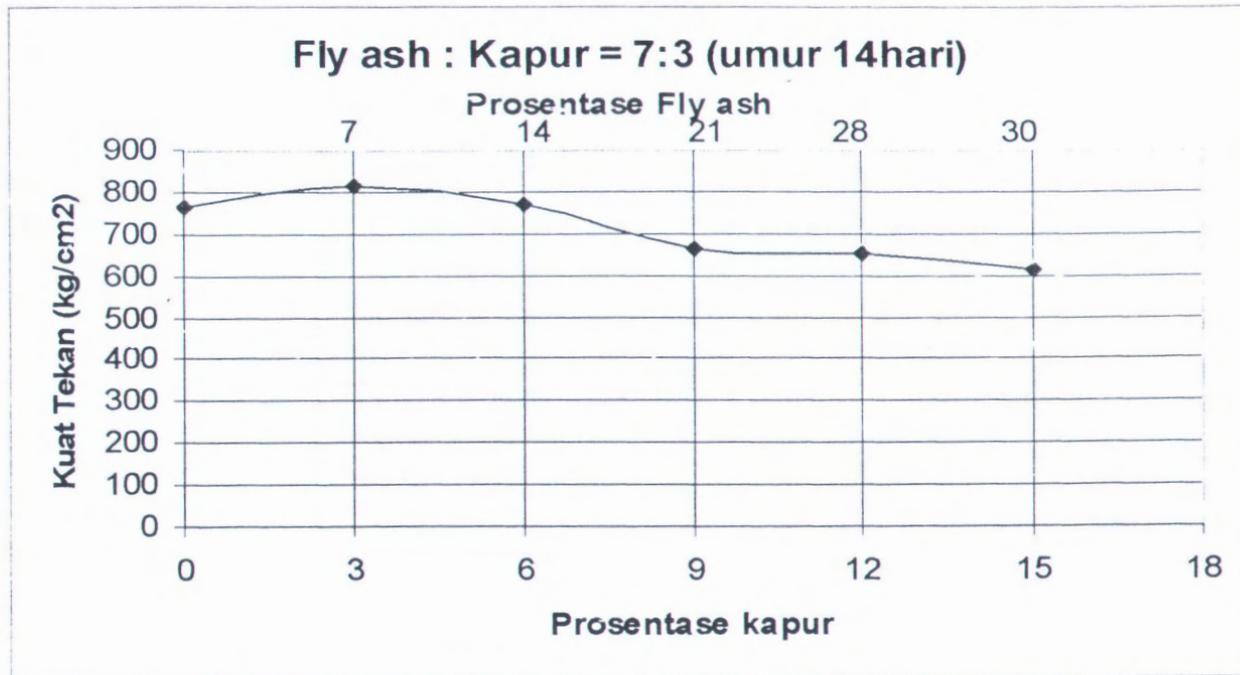
#### 4.4.2.1.3 Binder Tahap 3

Perbandingan Fly ash : Kapur = 7:3 (binder)

14 hari

%PC	%Fly Ash	%Kapur	Berat(gr)	Gaya tekan (kg)	Kuat tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
90	7	3	27	2650	
			27	2500	817.41
			26.5	2550	
80	14	6	27	2550	
			27	2250	769.64
			27	2450	
70	21	9	27	1950	
			27.5	2250	663.48
			26.5	2050	
60	28	12	27	2100	
			27	2000	652.87
			27	2050	
50	35	15	27	1900	
			27	2000	615.71
			27	1900	

Tabel 4.39 Kuat tekan binder umur 14 hari

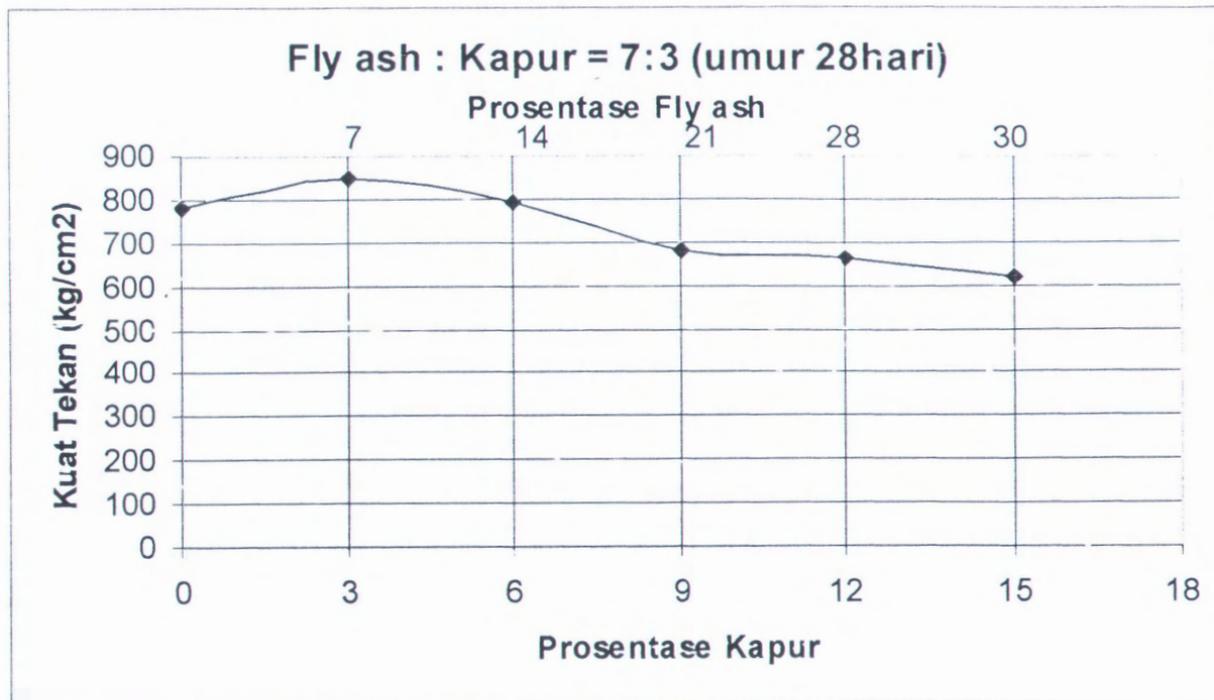


Gambar 4.23 Kuat tekan binder (Fly ash : Kapur = 7:3) umur 14 hari  
(Fly ash : Kapur : Semen = 7:3:90)

Perbandingan Fly ash : Kapur = 7:3 (binder)  
28 hari

%PC	%Fly Ash	%Kapur	Berat(qr)	Gaya tekan (kg)	Kuat tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
90	7	3	27	2750	
			27	2650	849.26
			26.5	2600	
80	14	6	27	2600	
			27	2400	796.18
			27	2500	
70	21	9	27	2000	
			27.5	2250	679.41
			26.5	2150	
60	28	12	27	2100	
			27	2150	663.48
			27	2000	
50	35	15	27	2000	
			27	1900	621.02
			27	1950	

Tabel 4.40 Kuat tekan binder umur 28 hari

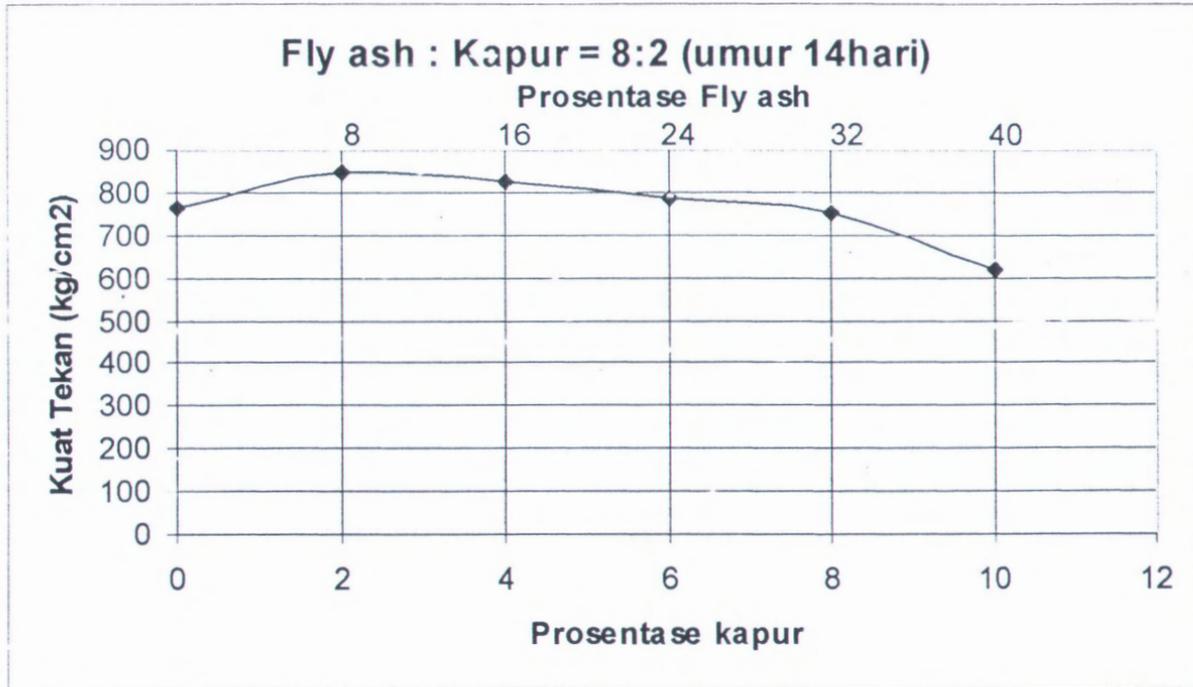


Gambar 4.24 Kuat tekan binder (Fly ash : Kapur = 7:3) umur 28 hari  
(Fly ash : Kapur : Semen = 7:3:90)

Perbandingan Fly ash : Kapur = 8:2 (binder)  
14 hari

%PC	%Fly Ash	%Kapur	Berat(gr)	Gaya tekan (kg)	Kuat tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
90	8	2	27	2700	
			27	2650	849.26
			27.5	2650	
80	16	4	27	2600	
			27	2600	828.03
			27	2600	
70	24	6	27	2450	
			26.5	2500	785.56
			27	2450	
60	32	8	27	2350	
			27	2350	753.72
			26.5	2400	
50	40	10	27	2000	
			27	1900	621.02
			26	1950	

Tabel 4.42 Kuat tekan binder umur 14 hari

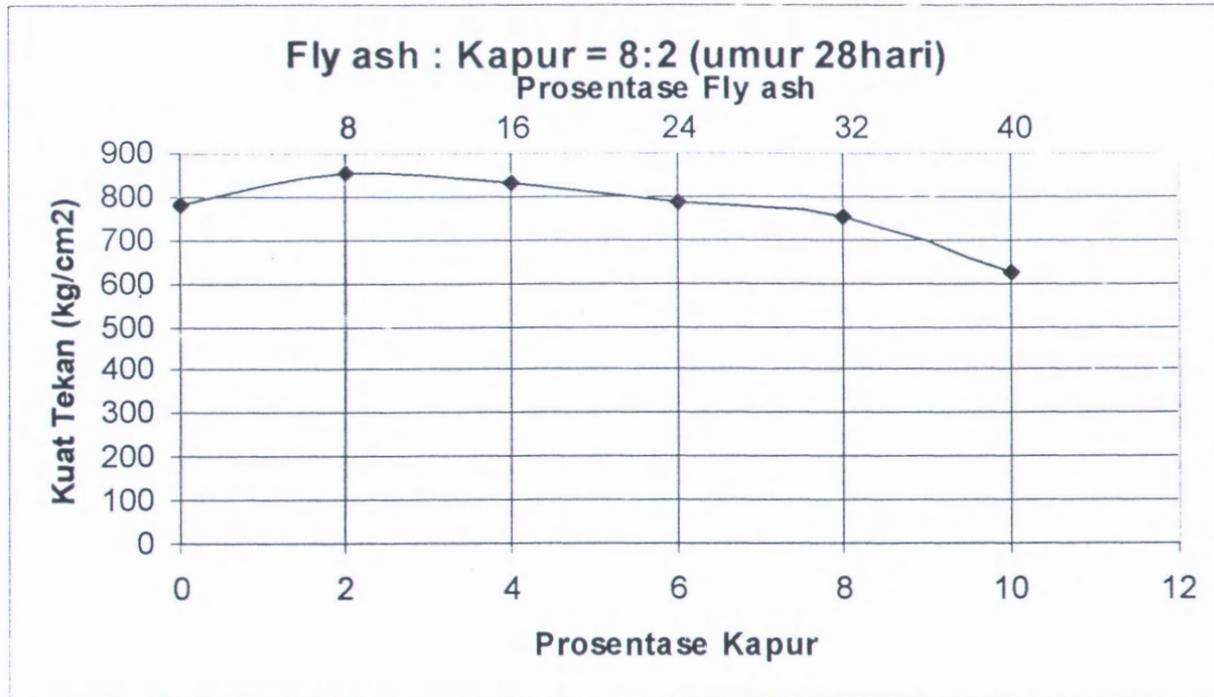


Gambar 4.25 Kuat tekan binder (Fly ash : Kapur = 8:2) umur 14 hari  
(Fly ash : Kapur : Semen = 8:2:90)

**Perbandingan Fly ash : Kapur = 8:2 (binder)  
28 hari**

%PC	%Fly Ash	%Kapur	Berat(gr)	Gaya tekan (kg)	Kuat tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
90	8	2	27	2700	
			27.5	2650	854.56
			27	2700	
80	16	4	27	2600	
			27	2650	833.33
			27	2600	
70	24	6	26.5	2450	
			27	2500	790.87
			27	2500	
60	32	8	27	2400	
			27	2300	753.72
			26	2400	
50	40	10	27	2000	
			27	1950	626.33
			26	1950	

Tabel 4.43 Kuat tekan binder umur 28 hari



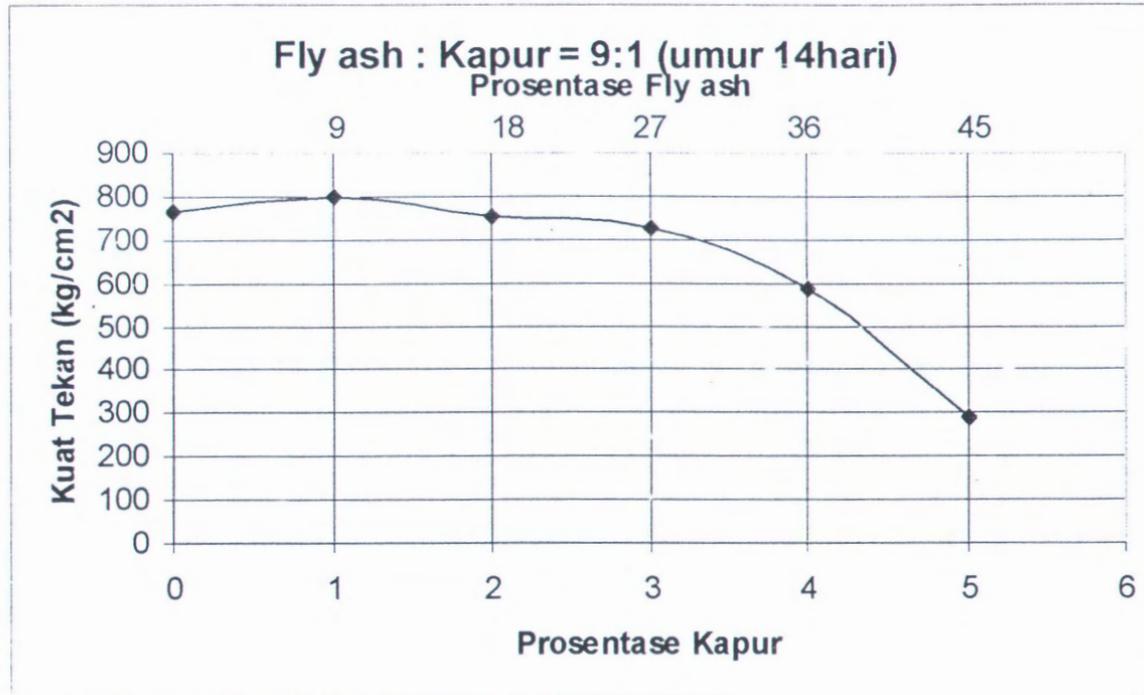
Gambar 4.26 Kuat tekan binder (Fly ash : Kapur = 8:2) umur 28 hari  
 (Fly ash : Kapur : Semen = 8:2:90)

## Perbandingan Fly ash : Kapur = 9:1 (binder)

14 hari

%PC	%Fly Ash	%Kapur	Berat(gr)	Gaya tekan (kg)	Kuat tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
90	9	1	27	2500	
			26.5	2550	801.49
			26.5	2500	
80	18	2	27	2450	
			26.5	2350	753.72
			27	2300	
70	27	3	27	2400	
			26.5	2200	727.18
			26	2250	
60	36	4	26	1900	
			27	1800	589.17
			26.5	1850	
50	45	5	26	1000	
			26.5	850	291.93
			26	900	

Tabel 4.44 Kuat tekan binder umur 14 hari

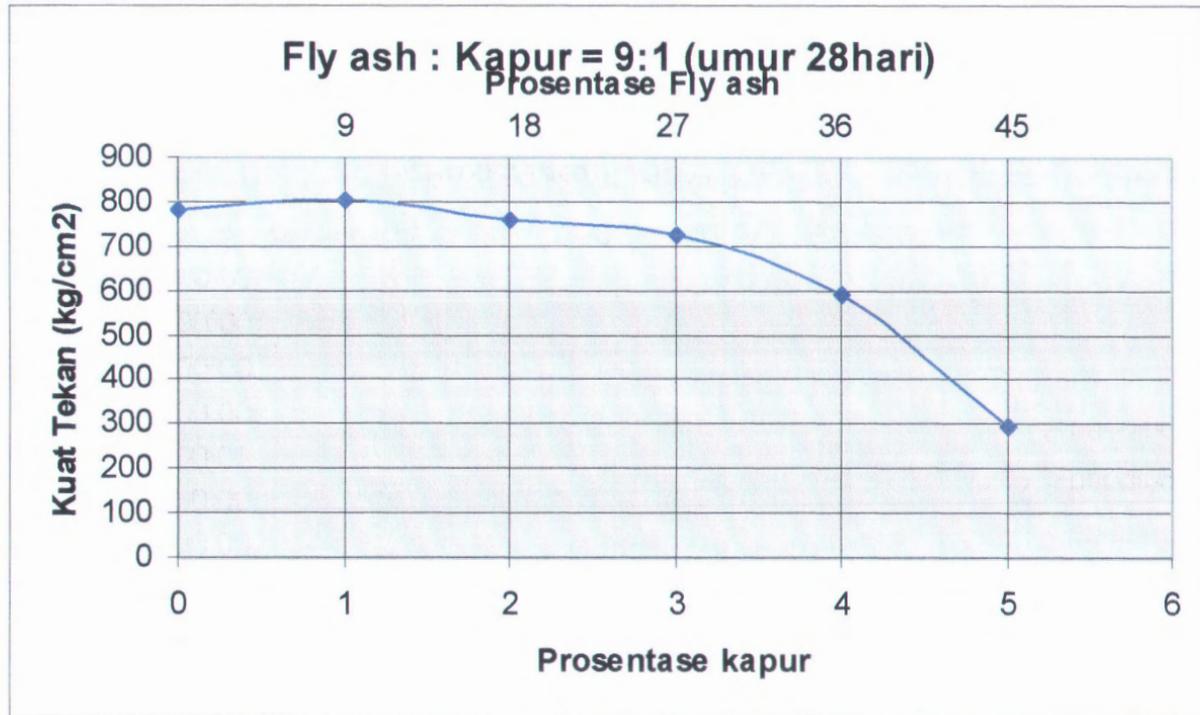


Gambar 4.27 Kuat tekan binder (Fly ash : Kapur = 9:1) umur 14 hari  
(Fly ash : Kapur : Semen = 9:1:90)

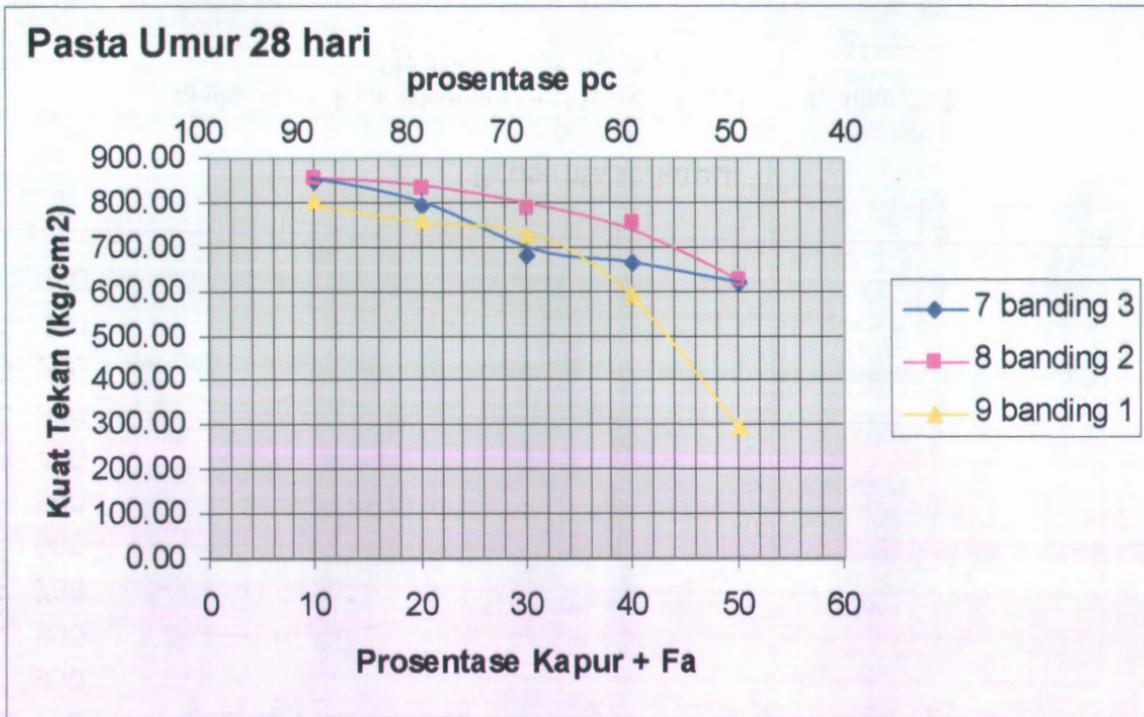
Perbandingan Fly ash : Kapur = 9:1 (binder)  
28 hari

%PC	%Fly Ash	%Kapur	Berat(gr)	Gaya tekan (kg)	Kuat tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
90	9	1	26.5	2550	
			27	2550	806.79
			26.5	2500	
80	18	2	27	2450	
			26.5	2350	759.02
			26.5	2350	
70	27	3	27	2350	
			26.5	2250	727.18
			26	2250	
60	36	4	26	1900	
			26	1850	594.48
			26.5	1850	
50	45	5	26	900	
			26	900	297.24
			26	1000	

Tabel 4.45 Kuat tekan binder umur 28 hari



Gambar 4.28 Kuat tekan binder (Fly ash : Kapur = 9:1) umur 28 hari  
(Fly ash : Kapur : Semen = 9:1:90)



Gambar 4.29 Grafik gabungan kuat tekan binder umur 28 hari  
(Fly ash : kapur : semen = 7:3:90 ; Fly ash : kapur : semen = 8:2:90 dan Fly ash : kapur : semen = 9:1:90 )

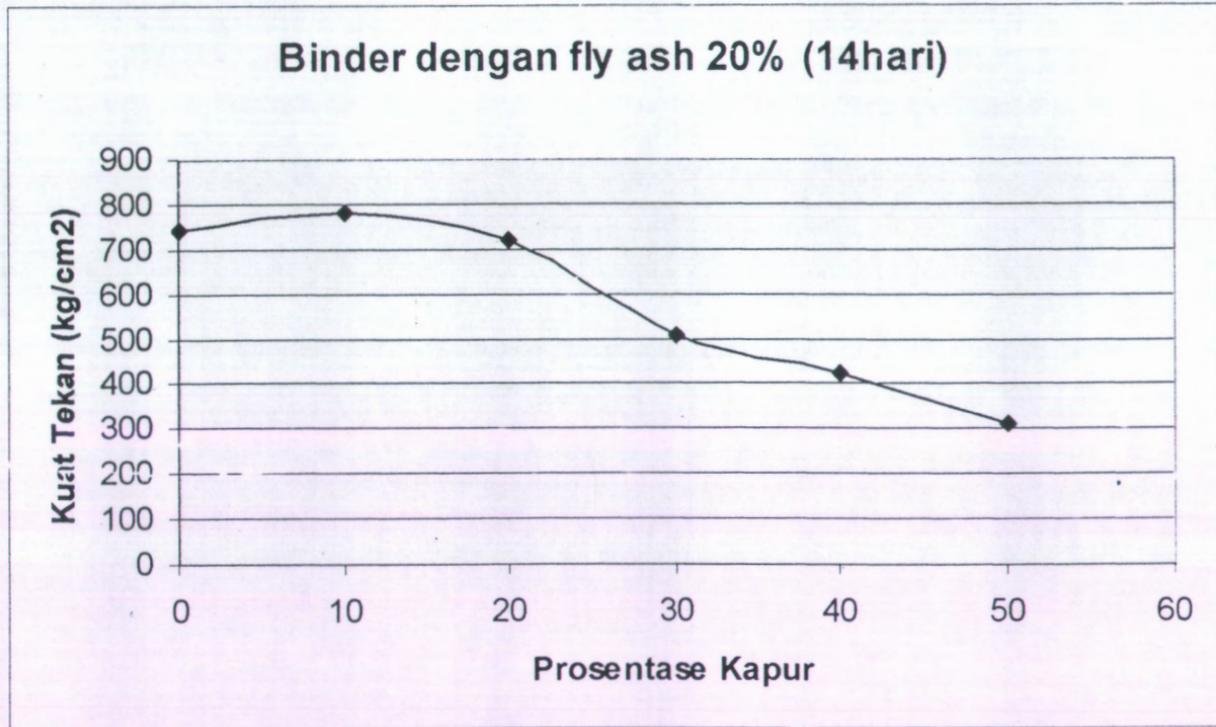
## 4.4.2.1.4 Binder Tahap 4

### Kuat Tekan Binder dengan Fly ash 20%

14 hari

%Kapur	%Fly Ash	%PC		Berat (gr)	Gaya tekan (kg)	Kuat tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	20	80	1	27.5	2400	
			2	27	2300	743.10
			3	27.5	2300	
10	20	70	1	27	2400	
			2	27.5	2500	780.25
			3	27	2450	
20	20	60	1	26.5	2350	
			2	27	2250	721.87
			3	27.5	2200	
30	20	50	1	27	1550	
			2	26.5	1650	509.55
			3	27	1600	
40	20	40	1	26.5	1350	
			2	27	1350	424.63
			3	26.5	1300	
50	20	30	1	26.5	1000	
			2	26	1050	313.16
			3	26.5	900	

Tabel 4.46 Kuat tekan binder umur 14 hari



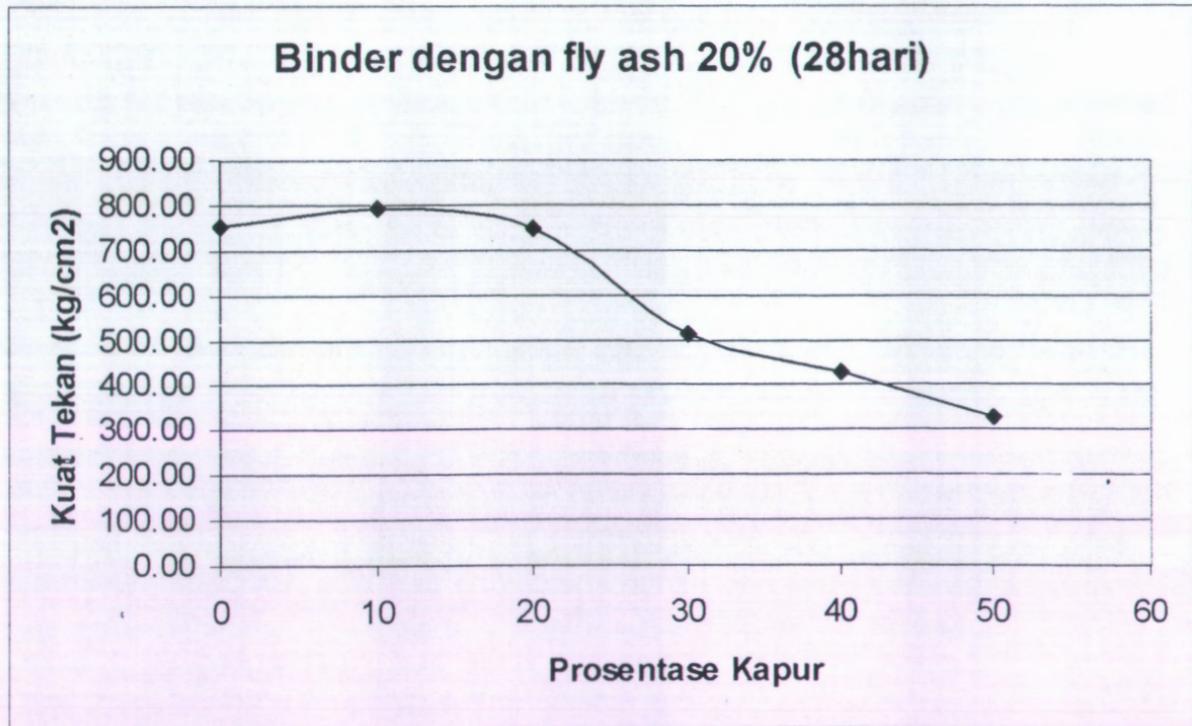
Gambar 4.29 Kuat tekan binder (dengan fly ash 20%) umur 14 hari

## Kuat Tekan Binder dengan Fly ash 20%

28 hari

%Kapur	%Fly Ash	%PC		Berat (gr)	Gaya tekan (kg)	Kuat tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	20	80	1	27	2400	
			2	28	2350	753.72
			3	27.5	2350	
10	20	70	1	27	2550	
			2	27	2500	796.18
			3	27.5	2450	
20	20	60	1	27	2350	
			2	27	2300	748.41
			3	27	2400	
30	20	50	1	26.5	1600	
			2	27	1650	514.86
			3	27	1600	
40	20	40	1	26.5	1350	
			2	27	1350	429.94
			3	26.5	1350	
50	20	30	1	26.5	1050	
			2	26	1050	329.09
			3	26	1000	

Tabel 4.47 Kuat tekan binder umur 28 hari



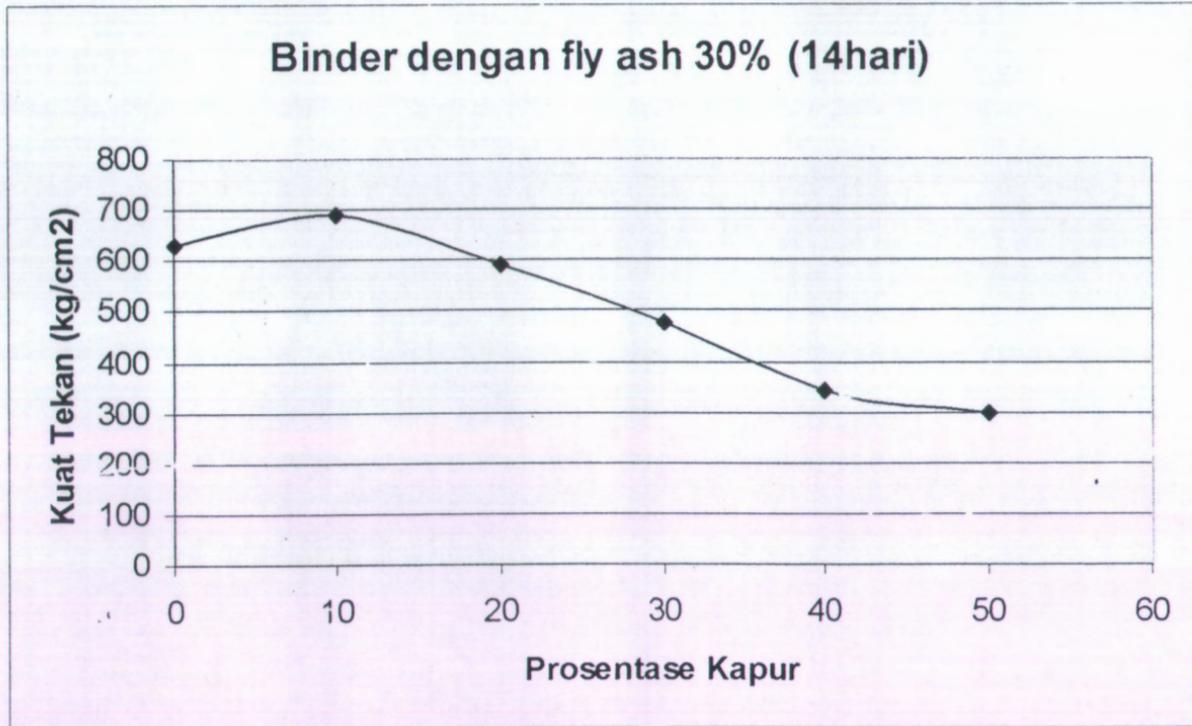
Gambar 4.30 Kuat tekan binder (dengan fly ash 20%) umur 28 hari

## 4.4.2.1.5 Binder Tahap 5

### Kuat Tekan Binder dengan Fly ash 30% 14 hari

%Kapur	%Fly Ash	%PC		Berat (gr)	Gaya tekan (kg)	Kuat tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	30	70	1	27	1950	
			2	27	2000	631.63
			3	27.5	2000	
10	30	60	1	27	2200	
			2	27	2150	690.02
			3	27	2150	
20	30	50	1	26.5	1800	
			2	27	1950	589.17
			3	27	1800	
30	30	40	1	26.5	1500	
			2	26	1500	477.71
			3	27	1500	
40	30	30	1	26.5	1100	
			2	26.5	1050	345.01
			3	26	1100	
50	30	20	1	26	1000	
			2	26	900	297.24
			3	26	900	

Tabel 4.48 Kuat tekan binder umur 14 hari

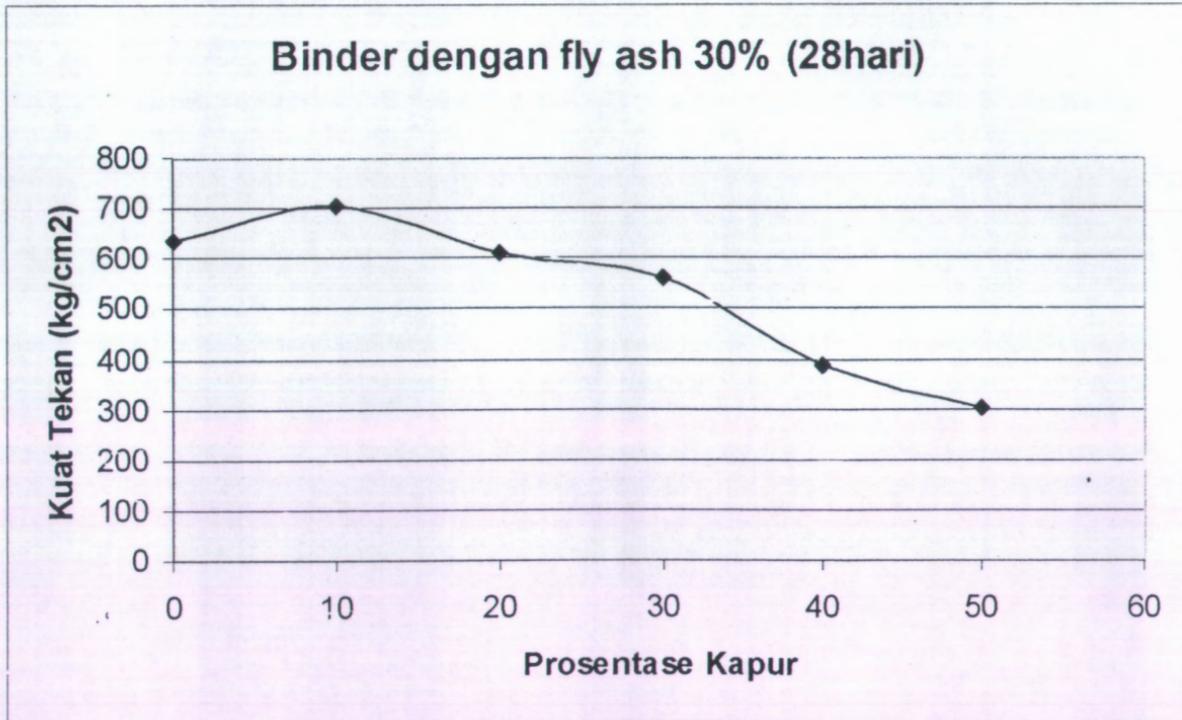


Gambar 4.31 Kuat tekan binder (dengan fly ash 30%) umur 14 hari

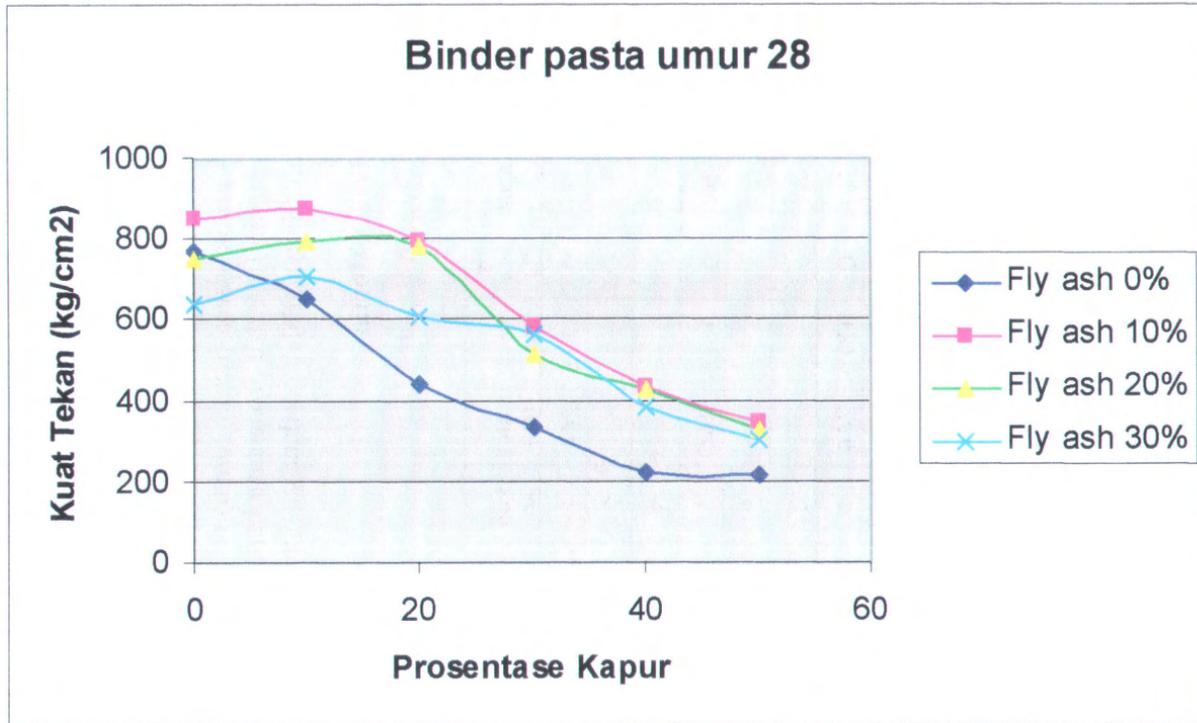
### Kuat Tekan Binder dengan Fly ash 30% 28 hari

%Kapur	%Fly Ash	%PC		Berat (gr)	Gaya tekan (kg)	Kuat tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	30	70	1	27	2100	
			2	27	2000	636.94
			3	27.5	1900	
10	30	60	1	27	2200	
			2	27	2250	705.94
			3	27	2200	
20	30	50	1	27	1900	
			2	27	1950	610.40
			3	27	1900	
30	30	40	1	26.5	1800	
			2	26.5	1700	562.63
			3	27	1800	
40	30	30	1	23.5	1250	
			2	23.5	1200	387.47
			3	26	1200	
50	30	20	1	26	950	
			2	26	1000	302.55
			3	26	900	

Tabel 4.49 Kuat tekan binder umur 28 hari



Gambar 4.32 Kuat tekan binder (dengan fly ash 30%) umur 14 hari



Gambar 4.33 Grafik Kuat Tekan Binder Keseluruhan

Dari grafik dapat dianalisa bahwa seluruh komposisi binder yang menggunakan fly ash, mencapai titik optimum pada prosentase kapur sebesar 10% (yang tanpa menggunakan fly ash optimumnya pada kapur 0%). Sehingga dapat ditarik sebuah kesimpulan dengan mengamati grafik, komposisi optimum dari campuran (titik puncak = grafik warna merah jambu) adalah prosentase fly ashnya sebesar 10% dan prosentase kapurnya adalah 10%, sedangkan sisanya adalah portland cement (80%).

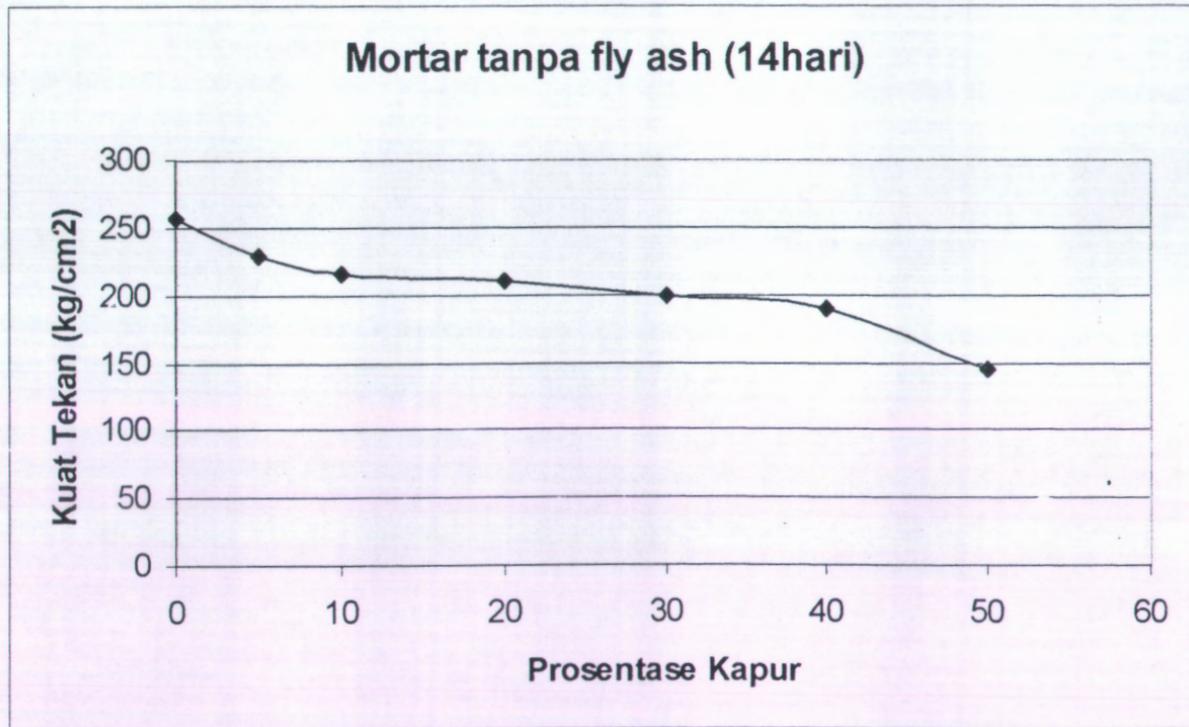
#### 4.4.2.2 Kuat Tekan Mortar

##### Mortar Tanpa Fly Ash (Umur 14hari)

No	Semen (gr)	Kapur (%)	Fly Ash (%)	Pasir (gr)	Air (ml)	B.uji ke	Berat (gr)	Gaya Tekan(kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	100	0	0	1375	244	1	284.5	7060	256.27
						2	282	5740	
						3	287.5	6420	
2	95	5	0	1375	244	1	290.5	5280	229.33
						2	278.5	5880	
						3	277	6040	
3	90	10	0	1375	244	1	291.5	5500	217.07
						2	278.5	6140	
						3	297.5	4640	
4	80	20	0	1375	244	1	287.5	5000	209.67
						2	288.5	5025	
						3	284	5700	
5	70	30	0	1375	244	1	284	5000	198.67
						2	285	4850	
						3	284.5	5050	

6	60	40	0	1375	244	1	286	4850	189.33
						2	285.5	4500	
						3	285.5	4850	
7	50	50	0	1375	244	1	285	3800	144.67
						2	282	3500	
						3	283	3550	

Tabel 4.50 Kuat tekan mortar tanpa fly ash umur 14 hari

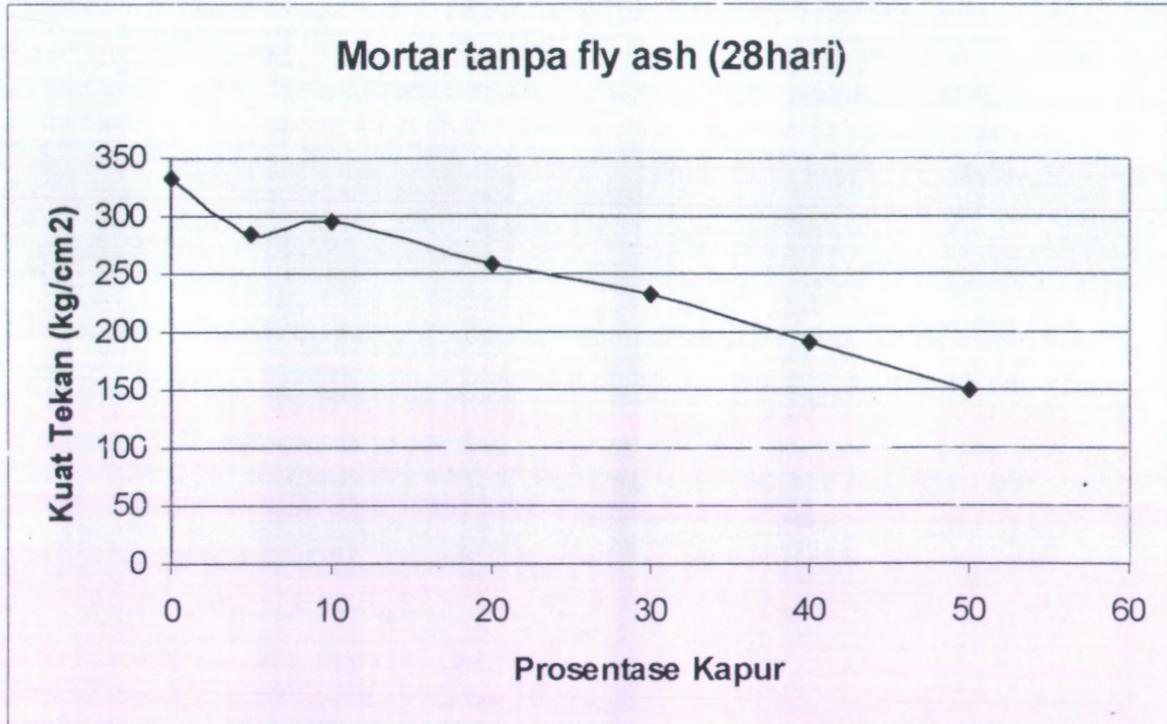


Gambar 4.34 Grafik Kuat Tekan Mortar (tanpa fly ash) umur 14 hari

## Mortar Tanpa Fly Ash (Umur 28hari)

no	Semen (%)	Kapur (%)	Fly Ash (%)	Pasir (gr)	Air (ml)	B.uji ke	Eerat (gr)	Gaya Tekan(kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	100	0	0	1375	244	1	233	7300	331.73
						2	284.5	8740	
						3	282	8840	
2	95	5	0	1375	244	1	293	6960	284.53
						2	292.5	7580	
						3	272	6800	
3	90	10	0	1375	244	1	295	7520	295.73
						2	277	7100	
						3	279	7560	
4	80	20	0	1375	244	1	288	6200	259.20
						2	285	6220	
						3	288	7020	
5	70	30	0	1375	244	1	285	5650	233.33
						2	303	6200	
						3	278	5650	
6	60	40	0	1375	244	1	277	4750	190.67
						2	293	4800	
						3	277	4750	
7	50	50	0	1375	244	1	299	3800	150.00
						2	278.5	3500	
						3	279.5	3950	

Tabel 4.51 Kuat tekan mortar tanpa fly ash umur 28hari

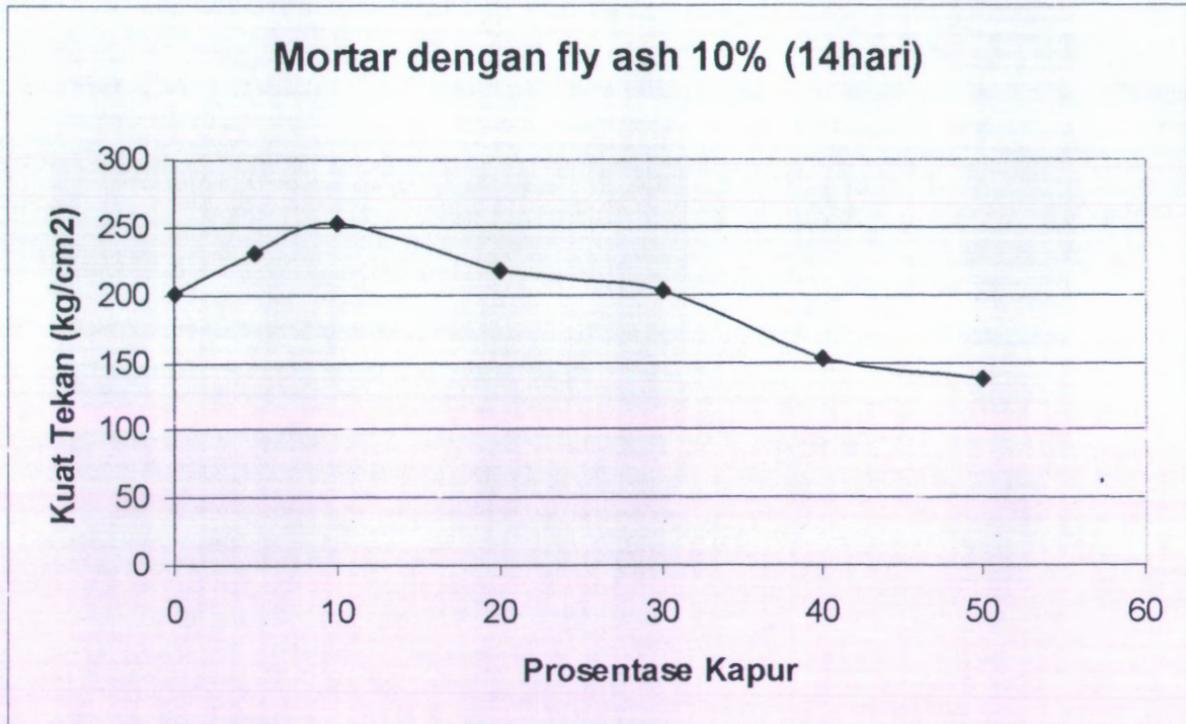


Gambar 4.35 Grafik Kuat Tekan Mortar (tanpa fly ash) umur 28 hari

Mortar Dengan Fly Ash 10%pc  
(Umur 14hari)

No	Semen (%)	Kapur (%)	Fly Ash (%)	Pasir (gr)	Air (ml)	B.uji ke	Berat (gr)	Gaya Tekan(kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	90	0	10	1375	244	1	292.5	4840	201.33
						2	276	5300	
						3	277.5	4960	
2	85	5	10	1375	244	1	272	5760	230.40
						2	282	5560	
						3	275	5960	
3	80	10	10	1375	244	1	285	6140	252.53
						2	280	6440	
						3	283	6360	
4	70	20	10	1375	244	1	281.5	5000	218.67
						2	281.5	5640	
						3	299.5	5760	
5	60	30	10	1375	244	1	279	5100	202.67
						2	277.5	4900	
						3	276	5200	
6	50	40	10	1375	244	1	276	4350	152.00
						2	277.5	3250	
						3	274.5	3800	
7	40	50	10	1375	244	1	278	3500	138.00
						2	274.5	3800	
						3	277	3050	

Tabel 4.52 Kuat tekan mortar dengan fly ash 10% umur 14 hari



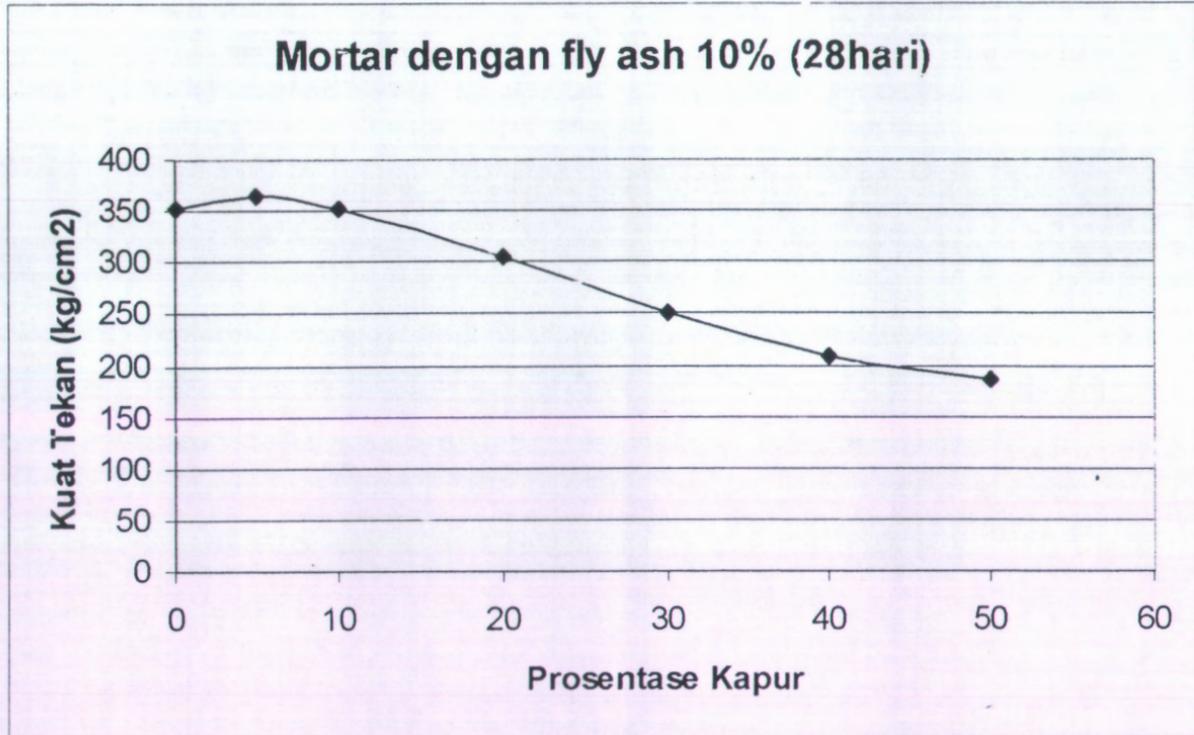
Gambar 4.36 Grafik Kuat Tekan Mortar (dengan fly ash 10%) umur 14 hari



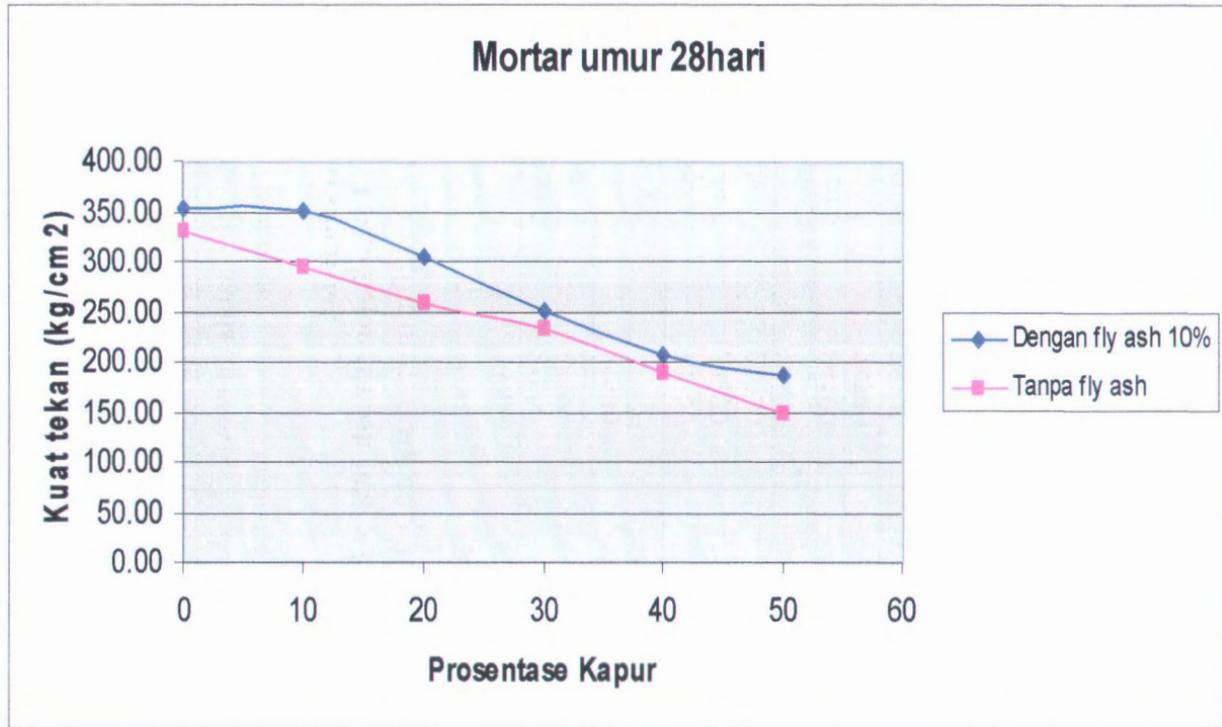
Mortar Dengan Fly Ash 10%pc  
(Umur 28 hari)

No	Semen (gr)	Kapur (%)	Fly Ash (%)	Pasir (gr)	Air (ml)	B. uji ke	Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	90	0	10	1375	244	1	298	8950	352.67
						2	290	8750	
						3	286	8750	
2	85	5	10	1375	244	1	276	9150	364.00
						2	281	9100	
						3	279	9050	
3	80	10	10	1375	244	1	285.5	8760	352.00
						2	284.5	8740	
						3	288.5	8900	
4	70	20	10	1375	244	1	289	7460	305.07
						2	295.5	7820	
						3	288	7600	
5	60	30	10	1375	244	1	278.5	6400	252.00
						2	279	6200	
						3	278.5	6300	
6	50	40	10	1375	244	1	272.5	5060	208.27
						2	274	5360	
						3	271.5	5200	
7	40	50	10	1375	244	1	274	4540	186.53
						2	273	4700	
						3	273	4750	

Tabel 4.53 Kuat tekan mortar dengan fly ash 10% umur 28 hari



Gambar 4.37 Grafik Kuat Tekan Mortar (dengan fly ash 10%) umur 28 hari



Gambar 4.38 Grafik Kuat Tekan Mortar.

Dari grafik dapat dianalisa bahwasanya mortar umur 28 hari yang menggunakan fly ash sebesar 10% hasil kuat tekannya jauh lebih baik jika dibandingkan dengan binder yang tanpa menggunakan fly ash. Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian mortar ini adalah bahwa untuk meningkatkan kuat tekan beton kapur harus direaksikan dengan fly ash, apabila tidak maka hasil kuat tekannya akan Rendah. Hasil ini juga identik dengan pengujian binder.

#### 4.4.2.3 Kuat Tekan Beton

##### 4.4.2.3.1 Kuat Tekan Beton (fly ash 10% + Kapur 0-20%)

##### Beton Silinder 10 x 20 dengan fly ash 10%, kapur 0%

Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
3 hari	1	3752.5	21500	280.89
	2	3742.5	23350	
	3	3794.5	21300	
7 hari	1	3822	23750	300.21
	2	3744.5	24900	
	3	3800	22050	
14 hari	1	3735.5	24100	313.80
	2	3836.5	24700	
	3	3814	25100	
21 hari	1	3757	25700	327.18
	2	3800	26000	
	3	3757	25350	
28 hari	1	3759	25200	326.11
	2	3779	25900	
	3	3807	25700	

	1	3779	26550	
	2	3773	25500	331.63
	3	3805	26050	
	1	3775	26750	
	2	3779	26600	339.28
	3	3750	26550	

Tabel 4.54 Kuat tekan beton dengan fly ash 10% dan Kapur 0%

### Beton Silinder 10 x 20 dengan fly ash 10%, kapur 10%

Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (gr)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
	1	3786.5	23350	
	2	3759.5	22900	293.63
	3	3738.5	22900	
	1	3760	24750	
	2	3780	25100	315.71
	3	3769	24500	
	1	3779	30700	
	2	3775	30150	388.96
	3	3783	30750	
	1	3781.5	30200	
	2	3772	31600	398.51
	3	3712	32050	
	1	3744	33800	
	2	3769	34250	434.18
	3	3725	34200	

56 hari	1	3776	34800	
	2	3760	34350	439.70
	3	3764	34400	
91 hari	1	3776	34700	
	2	3781	34500	440.76
	3	3771	34600	

Tabel 4.55 Kuat tekan beton dengan fly ash 10% dan Kapur 10%

### Beton Silinder 10 x 20 dengan fly ash 10%, kapur 20%

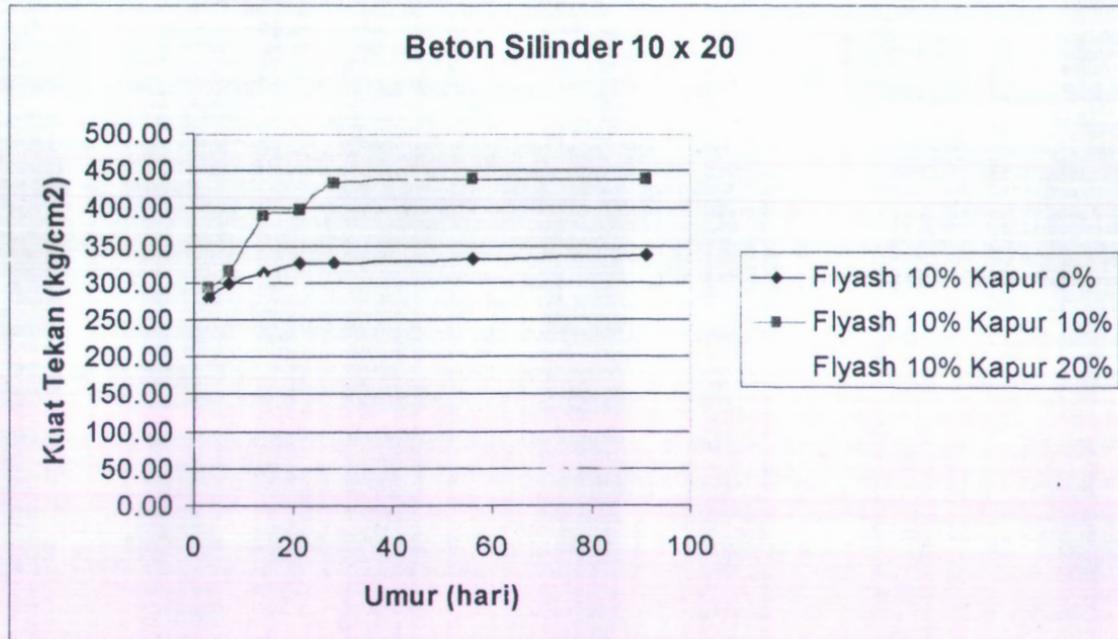
Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
3 hari	1	3770.5	20950	
	2	3776.5	21050	267.52
	3	3770.5	21000	
7 hari	1	3700	21450	
	2	3739	21600	274.10
	3	3749	21500	
14 hari	1	3832	23800	
	2	3786	23850	303.82
	3	3792	23900	
21 hari	1	3769	23750	
	2	3820	23900	304.03
	3	3748	23950	
28 hari	1	3818	24200	
	2	3776	24000	309.13
	3	3788	24600	

Dari grafik di atas dapat dianalisa bahwa grafik yang menunjukkan kuat tekan beton yang optimum adalah yang menggunakan komposisi fly ash 10% dan kapur 10% (grafik warna merah jambu). Hasil ini konsisten dengan hasil pengujian binder maupun mortar.

#### 4.4.2.3.2 Kuat Tekan Beton (fly ash 0% + Kapur 0-20%)

Beton Silinder 10 x 20 dengan fly ash 0%, kapur 0%

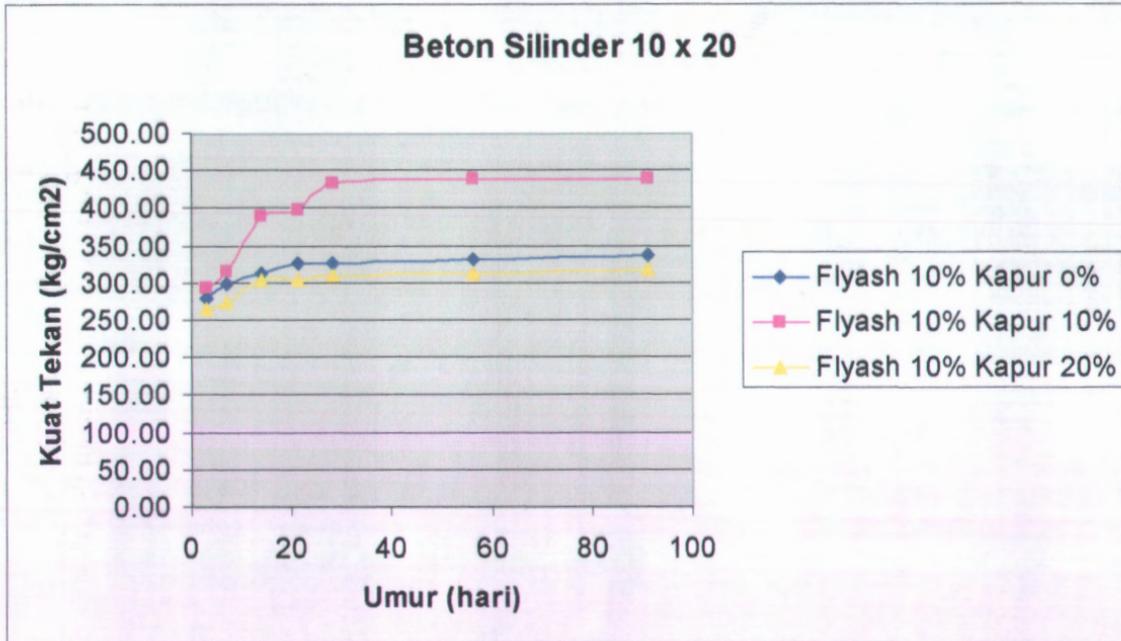
Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
	1	3765	7500	
	2	3788	6350	92.78
	3	3793	8000	
	1	3778	12000	
	2	3783	13000	157.11
	3	3761	12000	
	1	3759	15400	
	2	3766	15400	195.33
	3	3781	15200	
	1	3788	17800	
	2	3769	18000	231.00
	3	3785	18600	
	1	3779	19800	
	2	3784	20000	258.17
	3	3786	21000	



Gambar 4.40.  
Grafik gabungan kuat tekan beton dengan fly ash 10%

56 hari	1	3780	24500	
	2	3791	24550	313.16
	3	3783	24700	

Tabel 4.56 Kuat tekan beton dengan fly ash 10% dan Kapur 20%

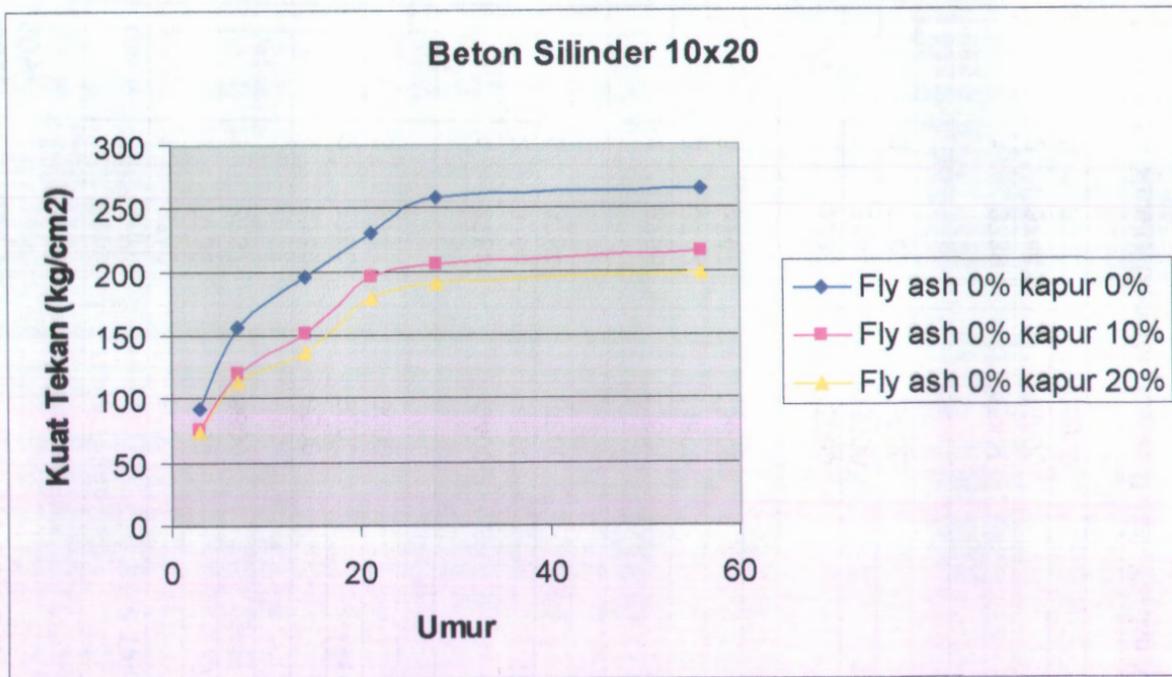


Gambar 4.40.  
Grafik gabungan kuat tekan beton dengan fly ash 10%

### Beton Silinder 10 x 20 dengan fly ash 0%, kapur 20%

Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
3 hari	1	3740	6000	
	2	3739	6000	74.73
	3	3737	5600	
7 hari	1	3749	8600	
	2	3750	9200	113.80
	3	3741	9000	
14 hari	1	3758	10400	
	2	3760	11000	136.73
	3	3754	10800	
21 hari	1	3755	13600	
	2	3742	14800	179.19
	3	3747	13800	
28 hari	1	3739	15000	
	2	3744	15000	191.08
	3	3740	15000	
56 hari	1	3739	15400	
	2	3744	15800	199.58
	3	3740	15800	

Tabel 4.59 Kuat tekan beton dengan fly ash 0% dan Kapur 20%



Gambar 4.40.  
Grafik gabungan kuat tekan beton dengan fly ash 0%

Dari grafik di atas dapat dianalisa bahwa grafik yang menunjukkan kuat tekan beton yang optimum adalah yang menggunakan komposisi fly ash 0% dan kapur 0% (grafik warna biru). Dapat diamati pula akibat penambahan kapur, berakibat kuat tekan menjadi jelek, hasil ini konsisten dengan hasil pengujian binder maupun mortar.

#### 4.4.2.3.3 Kuat Tekan Beton (fly ash 30% + Kapur 0-20%)

##### Beton Silinder 10 x 20 dengan fly ash 30%, kapur 0%

Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (Kg/c.m <sup>2</sup> )
	1	3736	9200	
	2	3757	9200	116.35
	3	3740	9000	
	1	3749	11600	
	2	3744	11200	147.35
	3	3752	11900	
	1	3758	14800	
	2	3750	13600	183.44
	3	3763	14800	
	1	3762	17200	
	2	3770	17500	222.93
	3	3764	17800	
	1	3767	21000	
	2	3771	21500	271.76
	3	3768	21500	
	1	3770	22200	
	2	3776	22000	282.80

	3	3774	22400	
--	---	------	-------	--

Tabel 4.60 Kuat tekan beton dengan fly ash 30% dan Kapur 0%

**Beton Silinder 10 x 20 dengan fly ash 30%, kapur 10%**

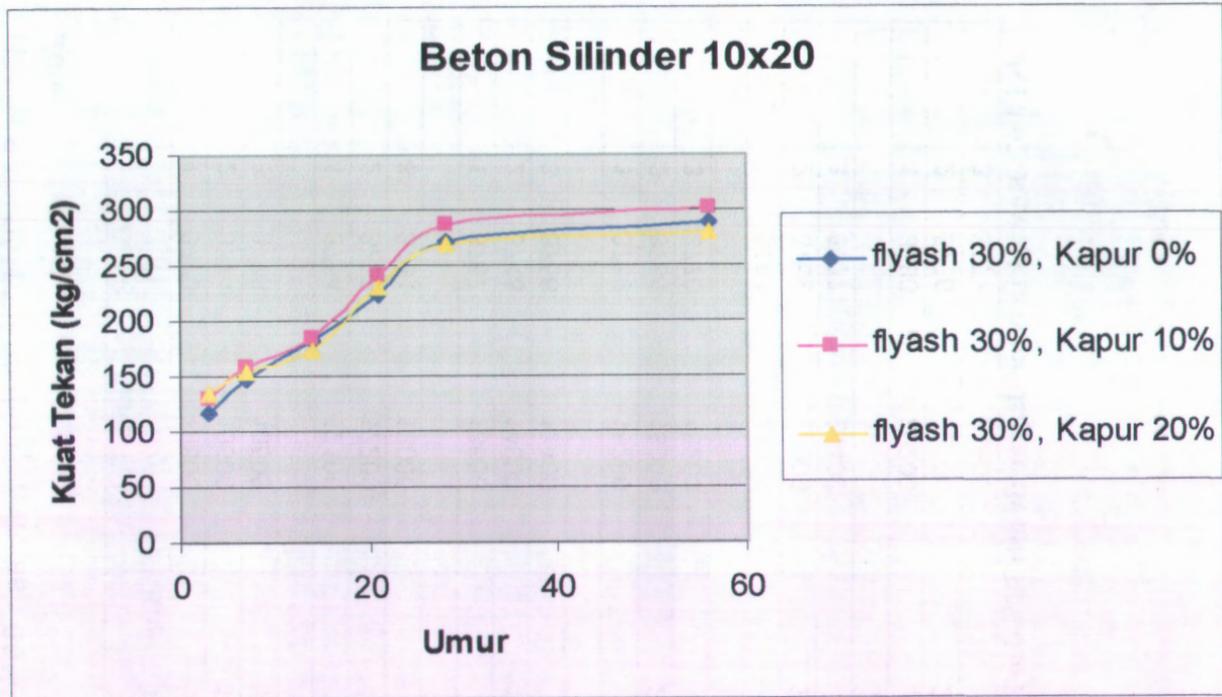
Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
3 hari	1	3767	9800	
	2	3770	10300	129.94
	3	3787	10500	
7 hari	1	3773	12400	
	2	3778	12600	159.66
	3	3779	12600	
14 hari	1	3769	14200	
	2	3770	14000	183.44
	3	3781	15000	
21 hari	1	3780	18500	
	2	3778	19200	240.76
	3	3770	19000	
28 hari	1	3766	22200	
	2	3768	22800	287.05
	3	3775	22600	
56 hari	1	3773	23600	
	2	3776	23600	301.49
	3	3775	23800	

Tabel 4.61 Kuat tekan beton dengan fly ash 30% dan Kapur 10%

### Beton Silinder 10 x 20 dengan fly ash 30%, kapur 20%

Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
3 hari	1	3770	10800	
	2	3774	10500	135.03
	3	3773	10500	
7 hari	1	3754	12100	
	2	3758	12200	154.14
	3	3781	12000	
14 hari	1	3767	13600	
	2	3748	14000	174.10
	3	3756	13400	
21 hari	1	3769	18200	
	2	3761	18000	231.00
	3	3770	18200	
28 hari	1	3763	21200	
	2	3759	21000	270.06
	3	3777	21400	
56 hari	1	3780	22200	
	2	3776	22000	280.25
	3	3777	21800	

Tabel 4.62 Kuat tekan beton dengan fly ash 30% dan Kapur 20%



Gambar 4.42.  
Grafik gabungan kuat tekan beton dengan fly ash 30%

Dari grafik di atas dapat dianalisa bahwa grafik yang menunjukkan kuat tekan beton yang optimum adalah yang menggunakan komposisi fly ash 30% dan kapur 10% (grafik warna merah jambu). Hasil ini konsisten dengan pengujian binder maupun mortar, karena memiliki hasil yang identik (optimum pada prosentase kapur = 10%).

#### 4.4.2.3.4 Kuat Tekan Beton (fly ash 20% + Kapur 0-20%)

Beton Silinder 10 x 20 dengan fly ash 20%, kapur 0%

Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
	1	3743	8250	
	2	3782	8000	104.03
	3	3760	8250	
	1	3730	13400	
	2	3751	13000	171.55
	3	3760	14000	
	1	3766	14200	
	2	3764	14900	187.26
	3	3758	15000	
	1	3757	19600	
	2	3743	18000	236.09
	3	3773	18000	
	1	3764	22000	
	2	3750	22000	280.25
	3	3784	22000	
	1	3773	23200	
	2	3781	23600	298.94

	3	3776	23600	
--	---	------	-------	--

Tabel 4.63 Kuat tekan beton dengan fly ash 20% dan Kapur 0%

### Beton Silinder 10 x 20 dengan fly ash 20%, kapur 10%

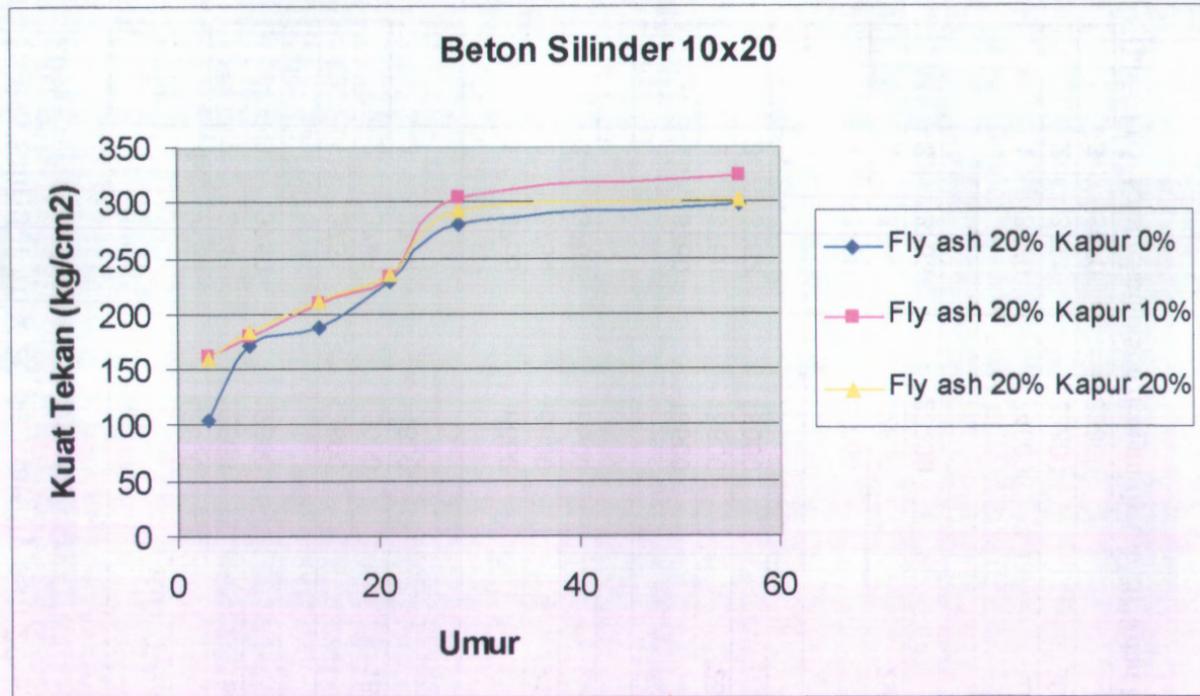
Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
3 hari	1	3763	12100	
	2	3746	12400	162.63
	3	3749	13800	
7 hari	1	3752	13400	
	2	3755	14600	180.04
	3	3751	14400	
14 hari	1	3760	16400	
	2	3759	16000	208.92
	3	3749	16800	
21 hari	1	3756	18400	
	2	3762	17800	233.55
	3	3770	18800	
28 hari	1	3769	23800	
	2	3757	24000	304.03
	3	3763	23800	
56 hari	1	3772	25200	
	2	3773	25600	323.57
	3	3770	25400	

Tabel 4.64 Kuat tekan beton dengan fly ash 20% dan Kapur 10%

### Beton Silinder 10 x 20 dengan fly ash 20%, kapur 20%

Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
3 hari	1	3743	12500	
	2	3747	12600	160.08
	3	3750	12600	
7 hari	1	3751	13600	
	2	3746	15000	183.44
	3	3749	14600	
14 hari	1	3755	16600	
	2	3754	16600	212.31
	3	3761	16800	
21 hari	1	3760	18500	
	2	3758	18800	234.82
	3	3762	18000	
28 hari	1	3760	23000	
	2	3766	22800	292.99
	3	3753	23200	
56 hari	1	3770	24000	
	2	3771	23600	303.18
	3	3770	23800	

Tabel 4.65 Kuat tekan beton dengan fly ash 20% dan Kapur 20%



Gambar 4.43.  
Grafik gabungan kuat tekan beton dengan fly ash 20%

Dari grafik di atas dapat dianalisa bahwa grafik yang menunjukkan kuat tekan beton yang optimum adalah yang menggunakan komposisi fly ash 20% dan kapur 10% (grafik warna merah jambu). Hasil ini konsisten dengan pengujian binder maupun mortar, karena memiliki hasil yang identik (optimum pada prosentase kapur = 10%).

#### 4.4.2.3.5 Kuat Tekan Beton (Fly ash : Kapur = 7:3)

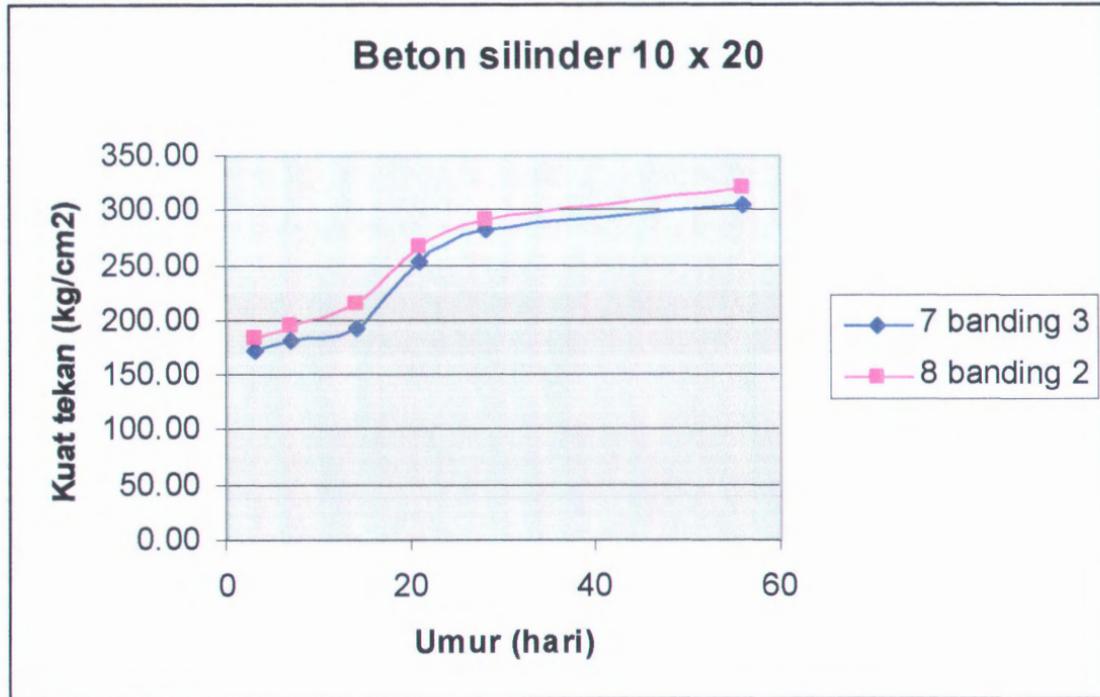
Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
	1	3712	13400	
	2	3720	13450	172.61
	3	3717	13800	
	1	3730	14200	
	2	3740	14400	182.80
	3	3741	14450	
	1	3746	15500	
	2	3739	14950	192.99
	3	3753	15000	
	1	3747	20000	
	2	3750	19600	253.08
	3	3749	20000	
	1	3777	22200	
	2	3773	22100	282.59
	3	3769	22250	
	1	3777	24100	
	2	3773	24000	305.94
	3	3769	23950	

Tabel 4.66 Kuat tekan beton dengan fly ash : kapur = 7:3

#### 4.4.2.3.6 Kuat Tekan Beton (Fly ash : Kapur = 8:2)

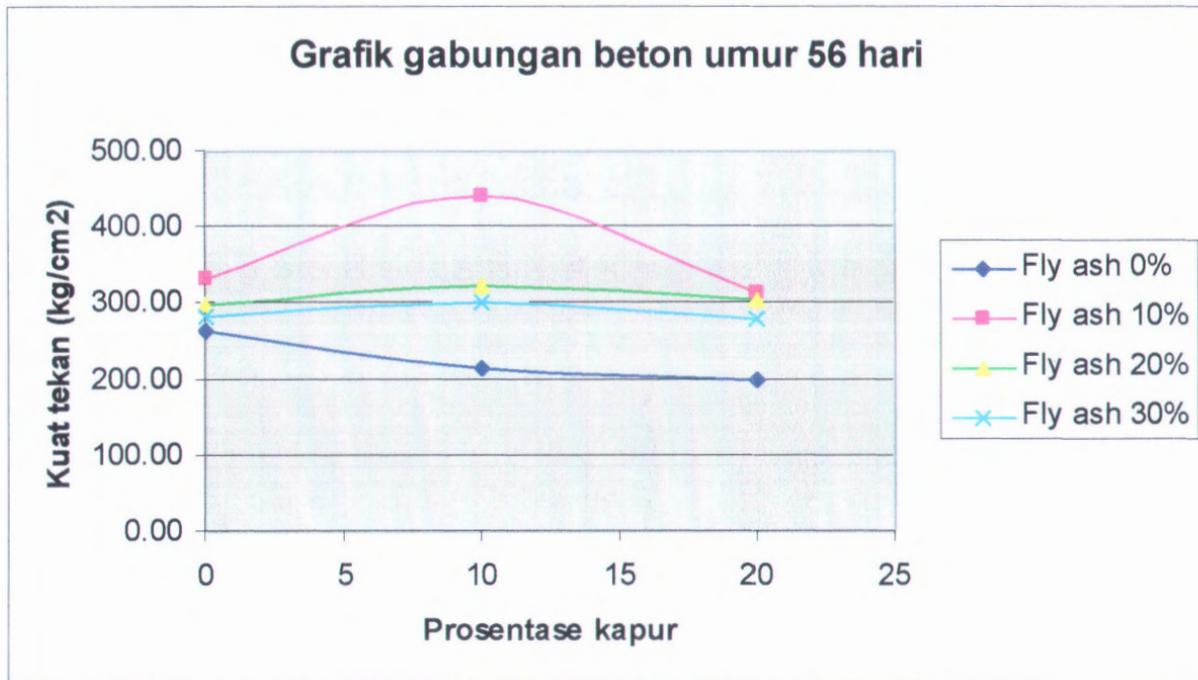
Umur		Berat (gr)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
3 hari	1	3712	14200	
	2	3720	14600	183.86
	3	3717	14500	
7 hari	1	3730	15200	
	2	3740	15600	196.18
	3	3741	15400	
14 hari	1	3746	16800	
	2	3739	16800	214.86
	3	3753	17000	
21 hari	1	3747	21200	
	2	3750	20800	267.52
	3	3749	21000	
28 hari	1	3777	22800	
	2	3773	23000	292.14
	3	3769	23000	
56 hari	1	3777	25200	
	2	3773	25000	321.02
	3	3769	25400	

Tabel 4.67 Kuat tekan beton dengan fly ash : kapur = 8:2



Gambar 4.44. Grafik gabungan kuat tekan beton antara 7:3 dengan 8:2  
(Fly ash : kapur : semen = 7:3:90 dan Fly ash : kapur : semen = 8:2:90)

Dari grafik di atas dapat dianalisa bahwa grafik yang menunjukkan kuat tekan beton yang optimum adalah yang menggunakan komposisi fly ash 8% dan kapur 2% (grafik warna merah jambu). Akan tetapi hasil kuat tekannya masih kalah baik jika dibandingkan dengan yang menggunakan komposisi kapur 10%, fly ash 10% dan PC 80%. Sehingga dari keseluruhan pengujian beton, komposisi optimumnya adalah kapur 10%, fly ash 10% dan *Portland Cement* 80% (Konsisten dengan hasil pengujian benda uji binder maupun mortar).



Gambar 4.34.  
Grafik gabungan kuat tekan beton umur 56 hari

## 4.5 Uji Porositas dalam beton

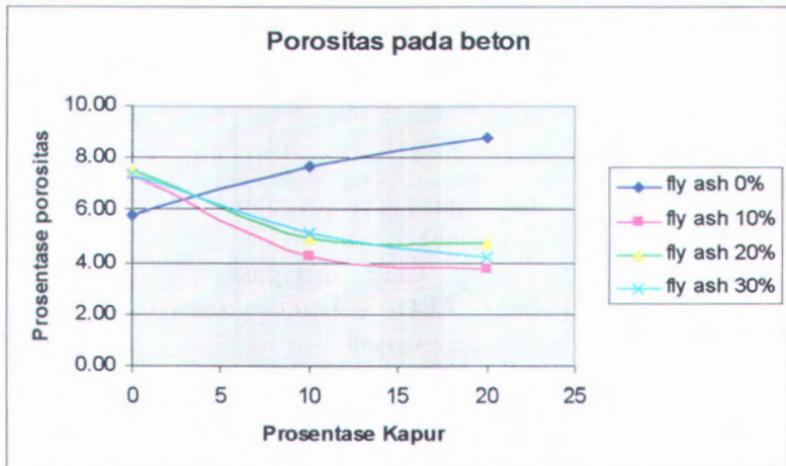
No.	% PC	% Flyash	% Kapur
1	100	0	0
2	90	0	10
3	80	0	20
4	90	10	0
5	80	10	10
6	70	10	20
7	80	20	0
8	70	20	10
9	60	20	20
10	70	30	0
11	60	30	10
12	50	30	20
13	90	8	2
14	90	7	3

Tabel 4.68 Tabel Porositas Beton

No	Berat kering(gr)	Berat Basah (gr)	% Penyerapan
1	3561	3768	5.81
2	3502	3772	7.71
3	3463	3743	8.83
4	3538	3748	7.39
5	3440	3668	4.27
6	3552	3840	3.79
7	3523	3746	7.60
8	3480	3752	4.98
9	3481	3791	4.80
10	3575	3766	7.39
11	3541	3788	5.13
12	3448	3788	4.22

13	3463	3639	7.79
14	3483	3664	7.53

Tabel 4.69 Porositas Beton



Gambar 4.35 Grafik porositas beton

Dari grafik di atas dapat digambarkan bahwa semakin besar prosentase kapurnya (jika bereaksi dengan fly ash), maka penyerapannya semakin kecil, hal ini dikarenakan reaksi antara kapur dengan fly ash sehingga menghasilkan perekat untuk mengisi rongga-rongga pada beton, alhasil penyerapannya juga semakin sedikit (*Ingleish, Metealf, 1992*).

#### 4.6 Uji Mikrostruktur

Untuk memahami lebih dalam tentang mikrostruktur pada benda uji dan mengetahui senyawa-senyawa di dalamnya serta pengaruhnya terhadap kecepatan penetrasi maka perlu dilakukan pengujian mikrostruktur, yakni dengan tes XRD (X-Ray Diffractometer), dengan tes

tersebut maka kita akan mengetahui susunan senyawa kimia yang terkandung di dalam benda uji tersebut

#### 4.6.1 Kandungan awal

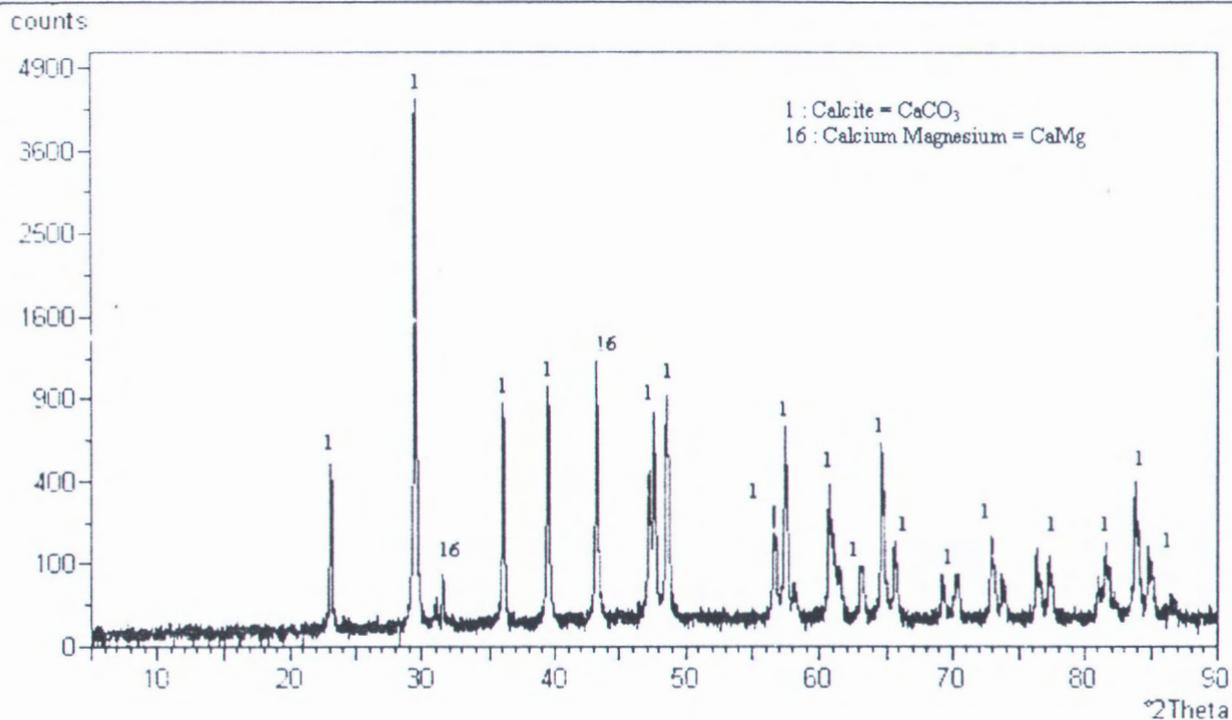
Sebelum melakukan uji mikrostruktur, kita perlu mengetahui kandungan awal dari suatu zat yang akan kita uji, berikut ini adalah daftarnya :

a. Semen :

- ✱ Batu kapur yang mengandung komponen  $\text{CaO}$  (kapur, *lime*)
- ✱ Lempung yang mengandung komponen  $\text{SiO}_2$  (silika),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (*oksida alumina*),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (oksida besi) serta gypsum

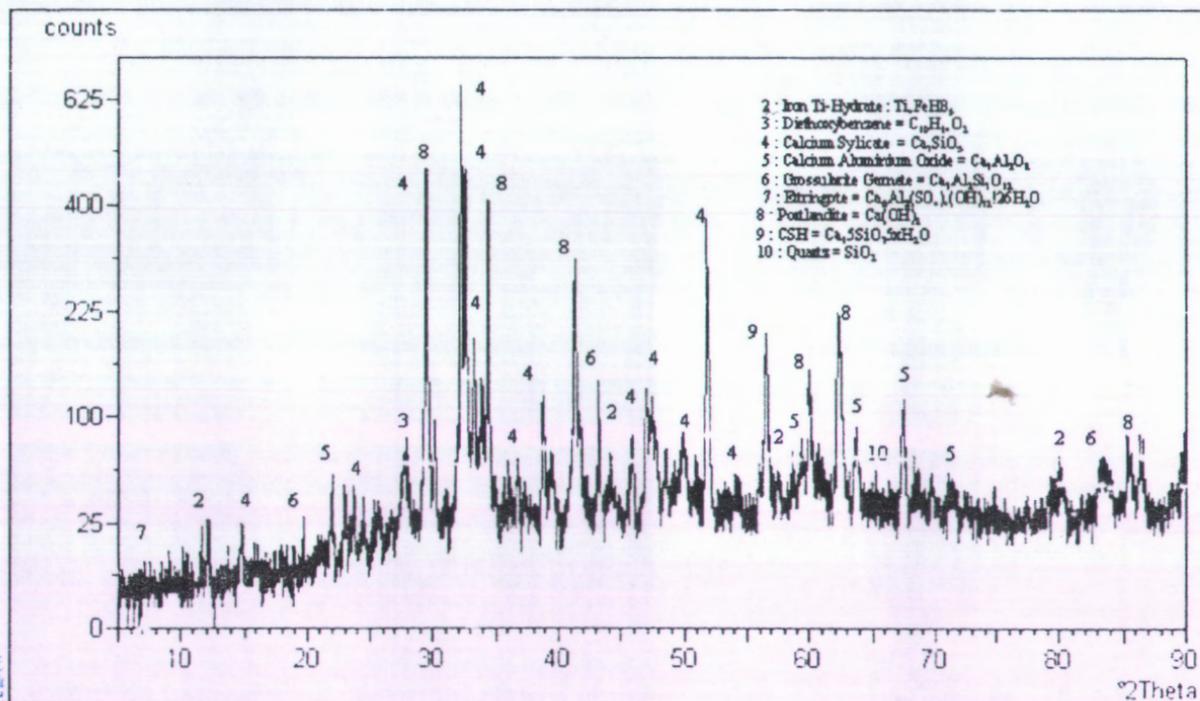
b. Fly ash :

1.  $\text{SiO}_2$  (Silika)
2.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Alumina)
3.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Feri Oksida)
4.  $\text{CaO}$  (Kalsium Oksida)
5.  $\text{Na}_2\text{O}$  (Alkali Oksida)



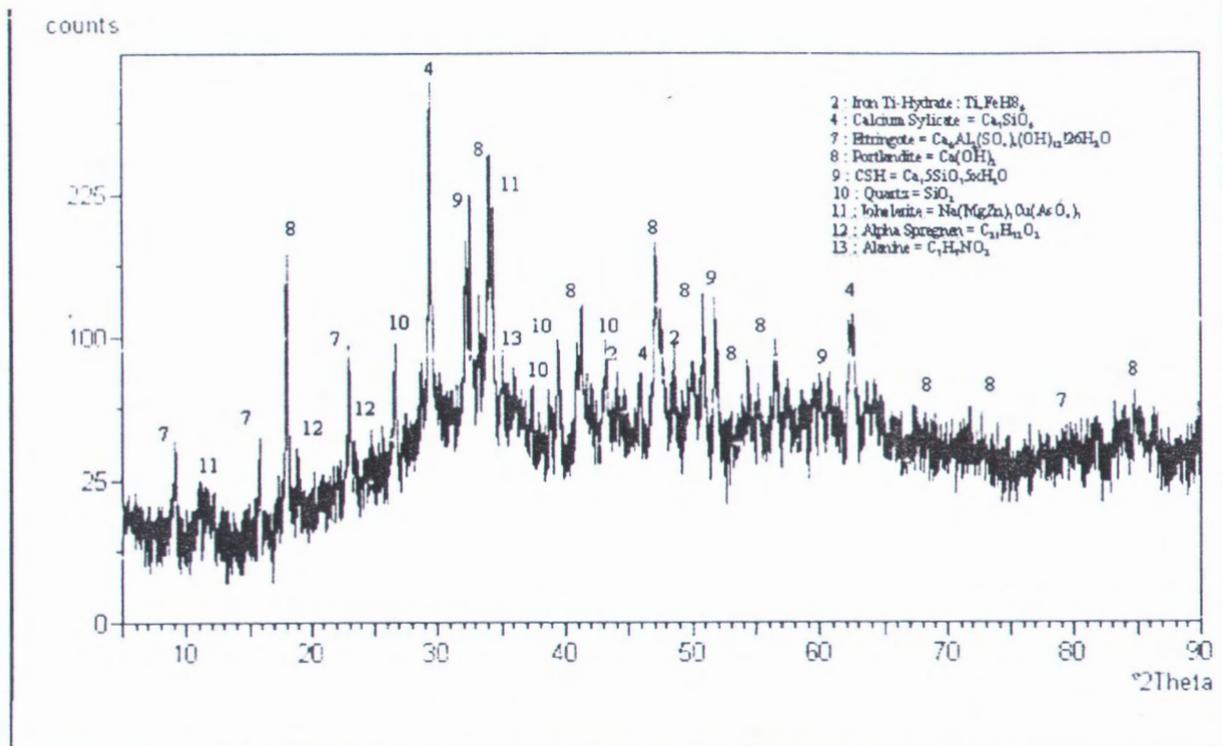
Komposisi : Kapur 100%

Gambar 4.45. Hasil XRD (k 100%)

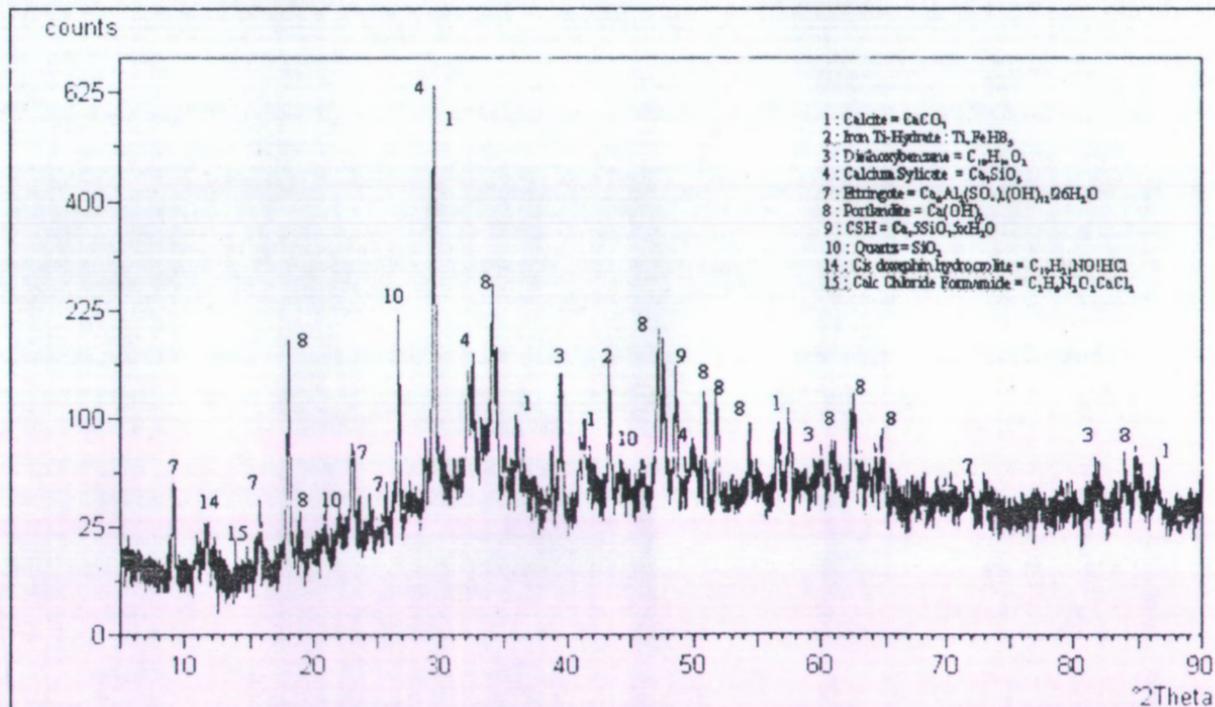


Komposisi : Portland Cement 100%

Gambar 4.46. Hasil XRD (PC = 100%)



Komposisi : Kapur 0% + Fly ash 20% + Portland Cement 80% Gambar 4.47. Hasil XRD (F 20% + PC 80%)



Komposisi : Kapur 10% + Fly ash 20% + Portland Cement 70%

Gambar 4.48. Hasil XRD (K 10% + F 20% + PC 80%)

No	Senyawa	PC 100%	Kapur 100%	FA 20%+PC 80%	K 10%+ FA 10% + PC 80%
1	Calcite = $\text{CaCO}_3$		v		v
2	Iron Ti-Hydrate : $\text{Ti}_4\text{FeH}_8$	v		v	v
3	Diethoxybenzene = $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_2$	v			v
4	Calcium Sylicate = $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$	v		v	v
5	Calcium Aluminium Oxide = $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_8$	v			
6	Grossularite Garnete = $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	v			
7	Ettringote = $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$	v		v	v
8	Portlandite = $\text{Ca}(\text{OH})_2$	v		v	v
9	CSH = $\text{Ca}_1,5\text{SiO}_3,5\text{xH}_2\text{O}$	v		v	v
10	Quartz = $\text{SiO}_2$	v		v	v
11	Johelerite = $\text{Na}(\text{MgZn})_3\text{Cu}(\text{AsO}_4)_3$			v	
12	Alpha Spregnen = $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$			v	
13	Alanine = $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$			v	
14	Cis doxepin hydrocrolite = $\text{C}_{19}\text{H}_{21}\text{NO} \cdot \text{HCl}$				v
15	Calc Chloride Formamide = $\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_2\text{CaCl}_2$				v
16	Calcium Magnesium = $\text{CaMg}$		v		

Tabel 4.70 Hasil tes XRD

#### 4.7 Uji Kriteria *Self Compacting Concrete*

Pada komposisi optimum yang diperoleh sebelumnya yakni kapur 10%, fly ash 10% dan *Portland Cement* 80% akan diuji kriteria SCC-nya apakah bisa dimanfaatkan untuk teknologi SCC atau tidak.

##### 4.7.1 Slump Flow Test

Pengujian *Slump cone* ini digunakan untuk mengetahui *fillingability* campuran beton, berbeda dengan beton konvensional pengujian ini dilakukan secara terbalik. Hasil pengujian uji *Slump Cone* dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Syarat *fillingability* yang harus dipenuhi adalah beton yang keluar dapat mencapai diameter 50cm (SF50) dalam 3-6 detik setelah *Slump Cone* ditarik. (Sugiharto,2006).

Pada komposisi optimum yang diperoleh sebelumnya yakni kapur 10%, fly ash 10% dan *Portland Cement* 80% akan direaksikan dengan larutan *Viscocrete*<sup>10</sup> sebesar 1,2% dari berat cementitious (dari hasil trial dan error).



Gambar 4.49. Hasil Slump Flow Test

semua campuran keluar adalah maksimal 8 detik. (EFNARC EN 206-1).



Gambar 4.51. V-Funnel

Pada gambar di atas setelah sekat dibuka seluruh campuran keluar selama 8 detik, sehingga memenuhi kriteria SCC yang ketiga (uji *V-funnel test*)

Dari keseluruhan pengujian kriteria SCC pada komposisi optimum telah memenuhi syarat sehingga bisa dimanfaatkan untuk SCC, akan tetapi jika dibandingkan dengan beton normal akan sedikit memakan biaya, hal ini dikarenakan dosis larutan viscocrete yang dipakai lebih sedikit yakni sebesar 0,5% (dari hasil trial dan error).

Pada gambar di atas untuk mencapai diameter 50 cm dibutuhkan waktu kurang lebih sebesar 4 detik, sehingga memenuhi kriteria SCC yang pertama (uji *slump flow test*)

#### 4.7.2 L-Box Test

Pengujian dengan menggunakan alat ini bertujuan untuk mengetahui tingkat *passingability* dari campuran beton. Alat uji *L-Shaped Box* dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Syarat *passingability* yang harus dipenuhi adalah setelah sekat dibuka 40 cm (FL40) dalam 3-6 detik. (Sugiharto,2006).



Gambar 4.50. Hasil Uji L-Box Test

Pada gambar di atas setelah sekat dibuka 40 cm dicapai dalam kurang lebih 6 detik, sehingga memenuhi kriteria SCC yang kedua (uji *L-box test*)

#### 4.7.3 V-Funnel Test

*V-Funnel* ini digunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan representatif untuk pengujian *fillingability* campuran beton. Syarat *fillingability* yang harus dipenuhi adalah waktu yang diperlukan untuk

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab terakhir ini akan disampaikan beberapa kesimpulan dan sarandari berbagai tes yang telah dilakukan dalam tugas akhir penelitian ini.

#### 5.1 Kesimpulan

1. Kapur memiliki pengaruh positif untuk meningkatkan kuat tekan beton, akan tetapi kapur tersebut harus direaksikan dahulu dengan fly ash
2. Jika dibandingkan dengan beton konvensional, maka beton yang menggunakan kapur+fly ash hasilnya lebih bagus apabila ditinjau dari segi kuat tekannya yaitu sekitar 20% dari beton normal
3. Komposisi optimum beton yang menggunakan kapur+fly ash adalah : kapur 10% + fly ash 10%, dan sisanya adalah portland cement.
4. Komposisi optimum tersebut dapat dimanfaatkan untuk Self Compacting Concrete

#### 5.2 Saran

1. Penelitian ini perlu dilanjutkan untuk masalah tingkat keawetan beton (durability) dari beton yang menggunakan fly ash + kapur

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

1. The Self Compacting Concrete European Project Group. 2005. **The European Guidelines For Self-Compacting Concrete**. U.K.
2. De Schutter, G. 2005. **Guidelines for Testing Fresh Self-Compacting Concrete**. European : European Research Project.
3. American Concrete Institute. 2004. **ACI 212. 3R-04 : Chemical Admixtures for Concrete**. Farmington Hills.
4. Sugiharto, H., Gunawan, T., & Muntu Y. 2006. **Penelitian Mengenai Peningkatan Kekuatan Awal Beton Pada Self Compacting Concrete**. Surabaya : Universitas Kristen Petra.
5. Sugiharto, H., Kusuma, G.H., Himawan, A., & Darma, D.S. 2001. **Penggunaan Fly Ash dan Viscocrete pada Self Compacting Concrete**. Surabaya : Universitas Kristen Petra.
6. Johansen, K., & Hammer, T.A. **Journal Drying Shrinkage of "Norwegian" Self Compacting Concrete**. Trondheim: SINTEF Civil and Environmental Engineering.
7. Okamura, H. & Ouchi, M. 2003. **Journal of Advance Technology Vol.1,No.1 : Self Compacting Concrete**. Tokyo : Japan Concrete Institute.
8. Subakti, A. 1994. **Teknologi Beton Dalam Praktek**. Laboratorium Beton, Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS.
9. Subakti, A.1995. **Mixed Desain Beton Normal dengan Metode DOE dan ACI**. Surabaya.



10. Nawy, E.G. 2001. **Fundamentals of High Performances Concrete 2nd edition**. USA : John Wiley & Sons, Inc.
11. Murdock, L.J., Brook, K.M., & Dewar, J.D. 1991. **Concrete Material & Practice**. Great Britain : British Library Cataloguing in in Publicing Data.
12. Andrian, M.F. 1996. **Sifat-sifat Fisik dan Mekanik Dengan Pemakaian Fly Ash dan Silica Fume Pada Beton Mutu Tinggi**”, Tugas Akhir Sarjana ITS Surabaya. Surabaya.
13. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002.
14. Ervianty, L.Y. 2007. **”Pengaruh Penggunaan fly Ash Terhadap Penetrasi Klorida Menggunakan Metode Dipercepat Dengan Variasi Arus**”. Tugas Akhir Sarjana ITS Surabaya. Surabaya.
15. Gunawan, T., & Muntu Y. 2003. **”Penelitian Mengenai Peningkatan Kekuatan Awal Beton Pada Self Compacting Concrete**”. Tugas Akhir Sarjana Universitas Kristen Petra. Surabaya.
16. Bahri, A.S. 1999. **”Sifat-sifat Fisik dan Mekanik Beton Ringan dari Fly ash dan Kapur**”. Tugas Akhir Sarjana ITS Surabaya. Surabaya.
17. Frank, A.D. 2007. **Journal MC Magazine Archive : Self Compacting Concrete**. NCPA Director of Technical Service
18. Ferraris, C.F. 2000. **Journal High Performance Concrete : Workability of Self Compacting Concrete**. Orlando-Florida.
19. Sugiri.S. 2005. **Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan Departemen Teknik Sipil ITB**. Bandung



20. Khosama, L.K. 2005. **Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan Departemen Teknik Sipil ITB.** Bandung
21. **Syarat-syarat Untuk Kapur Bahan Bangunan. 1973.** Departement Pekerjaan Umum, Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung.
22. ASTM C 595 2002
23. ASTM C 125-03
24. ASTM C 618-96
25. SNI 15-2049-94
26. ASTM C 618-94
27. ASTM C 556-89
28. ASTM C 128-93
29. ASTM C-29-91
30. ASTM C 40-92
31. ASTM C 127-88 Reapp. 93
32. ASTM C 29
33. ASTM C 117-95
34. ASTM C 131-89
35. AFNOR NF B 49104
36. ASTM C 39-93A
37. ASTM C642-90

## LAMPIRAN I

### MIX DESIGN BETON DENGAN METODE ACI

Adapun perhitungan mix design untuk beton konvensional ialah menggunakan metode ACI dengan beberapa macam variasi. Berikut ini adalah langkah-langkah di dalam pembuatan beton dengan metode ACI (Iswandi, 1997)

#### 3.9.1 Langkah 1 : Menentukan Slump

Nilai slump beton yang dianjurkan, diberikan pada tabel 3.4 dibawah ini. Slump awal diantara 2.5 sampai 5 cm., sebelum penambahan HRWR dianjurkan. Hal ini akan menjamin jumlah air campuran yang cukup dan menyebabkan superplasticizer dapat bekerja efektif. Untuk beton mutu tinggi yang dibuat tanpa menggunakan HRWR, slump antara 5 sampai 10cm, dapat dipilih sesuai dengan tipe pekerjaan yang dilakukan. Beton dengan slump kurang dari 5cm sulit untuk dipadatkan akibat tingginya kadar agregat kasar dan semen dalam campuran.

Beton dengan menggunakan HRWR	
Slump sebelum penambahan HRWR	2.5 sampai 5cm
Beton tanpa menggunakan HRWR	
Slump	5 sampai 10cm

Tabel 3.4  
Tabel Slump ACI

Karena tanpa menggunakan HRWR maka digunakan slump = 10cm, sedangkan kuat tekan yang dipilih adalah sebesar 25 MPa (pada umur 28hari), sehingga kekuatan rata-ratanya =  $(25+9.65)/0.9 = 38.5$  MPa

### 3.9.2 Langkah 2 : Menentukan ukuran maksimum agregat

ACI 318 menyatakan bahwa ukuran maksimum agregat agar tidak boleh melebihi  $\frac{1}{5}$  dari dimensi terkecil antara sisi bekisting. Apabila kekuatan beton yang direncanakan kurang 62 MPa maka perkiraan ukuran maksimum agregat kasar adalah 2 - 2.5cm. Sedangkan apabila lebih dari 62 MPa perkiraan ukuran agregat kasarnya adalah 1 sampai 1.5 cm. Maka dipilih ukuran maksimumnya = 2cm

### 3.9.3 Langkah 3 : Menentukan kadar optimum maksimum agregat kasar

Kadar optimum agregat kasar tergantung pada ukuran maksimumnya. Kadar optimum agregat kasar yang dianjurkan, dinyatakan sebagai fraksi dari berat kering satuan (DRUW = dry-rodded unit weight), ditunjukkan pada tabel 3.5 sebagai fungsi dari ukuran nominal maksimum.

Ukuran nominal maksimum (cm)	1	1.3	2	2.5
Volume	0.65	0.68	0.72	0.75

Tabel 3.5

*Volume agregat kasar yang dianjurkan per unit volume beton*

Setelah kadar optimum agregat kasar terpilih pada tabel 3.5, berat kering (oven-dry weight) agregat kasar per  $m^3$  beton dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$\text{Berat kering agregat (OD)} = (\% \times \text{DRUW}) \times (\text{DRUW}) \dots \dots (3.13)$$

Dalam perencanaan campuran beton dengan kekuatan normal, kadar optimum agregat kasar diberikan

sebagai suatu fungsi dari ukuran maksimum agregat kasar dan modulus kehalusan agregat halus. Akan tetapi, campuran beton mutu tinggi biasanya mempunyai kadar bahan semen yang tinggi, dan dengan demikian tidak tergantung pada kehadiran agregat halus untuk menambah partikel halus demi kelicinan dan kepadatan beton segar. Oleh karena itu, untuk nilai yang diberikan dalam tabel 3.5 dianjurkan untuk menggunakan pasir dengan nilai modulus kehalusan 2.5 sampai 3.2.

Berat kering per m<sup>3</sup> beton adalah  
 $0.72 \times 1619 \text{ kg/m}^3$  (berat kering satuan) = 1165.68

#### 3.9.4 Langkah 4 : Menentukan ukuran maksimum agregat

Jumlah air per unit volume beton yang dibutuhkan untuk menghasilkan slump yang disyaratkan tergantung pada ukuran maksimum agregat kasar, bentuk partikel, dan gradasi agregat, jumlah semen, dan tipe water reducing admixture yang digunakan. Jika HRWR yang digunakan, kadar air dalam admixture biasanya dikalkulasi sebagai bagian dari  $w/c + p$ . Tabel 3.6 memberikan estimasi air campuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton mutu tinggi yang dibuat dengan ukuran maksimum agregat 1cm sampai 2.5cm sebelum adanya penambahan admixture kimia. Jumlah air campuran tersebut adalah maksimum untuk agregat dengan bentuk yang baik, bersih, agregat kasar bersiku (angular), gradasi baik dalam batas ASTM C 33. Karena bentuk partikel dan tekstur permukaan agregat halus dapat mempengaruhi kadar rongga kosongnya (void content), persyaratan air campuran mungkin berbeda dengan nilai yang diberikan.

Nilai air campuran yang diberikan pada tabel 3.6 dapat digunakan jika agregat halus yang digunakan

mempunyai voids content 35%. Voids content agregat halus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.14 dibawah ini :

$$\text{Void content, } V\% = \left(1 - \frac{\text{OvenDryRoddedUnitWeight}}{\text{BulkSpecifyGravity(dry)}}\right) 100 \dots (3.14)$$

$$= 38.8\%$$

Bila agregat halus dengan void content tidak sama dengan 35% yang digunakan, penyesuaian harus dibuat terhadap kadar air campuran yang dianjurkan. Penyesuaian air ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.15 berikut ini :

$$\text{Koreksi air pencampur, } \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = (V-35) \times 4.74 \dots (3.15)$$

$$= (38.8-35) \times 4.74 = 1825.78$$

Penggunaan persamaan menghasilkan koreksi air campuran sebesar  $4.74 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$  untuk setiap penyimpangan void content dari 35%, sehingga total air campurannya =  $181 + 4.74 = 185.74$

Slump, cm	Campuran air ( $\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ )			
	Ukuran maks agregat kasar, cm			
	1	1.3	2	2.5
2.5 - 5	184	175	170	166
5 - 7.5	190	184	175	172
7.5 - 10	196	190	181	178
Udara yang terperangkap	3%	2.5%	2%	1.5%
	2.5%	2.0%	1.5%	1.0%

Tabel 3.6

Estimasi pertama air campuran yang dibutuhkan.

### 3.9.5 Langkah 5 : Menentukan $w/c+p$

Dalam campuran beton mutu tinggi, bahan campuran semen lain seperti fly ash dapat digunakan.  $w/c+p$  dapat dihitung dengan membagi berat air campuran

dengan campuran semen dan fly ash. Dalam tabel 3.7 dan 3.8,  $w/c+p$  maksimum yang dianjurkan diberikan sebagai suatu fungsi dari ukuran maksimum agregat untuk mencapai kekuatan tekan yang berbeda, baik pada umur 28 hari, maupun 56 hari. Penggunaan HRWR pada umumnya meningkatkan kekuatan tekan beton. Nilai  $w/c+p$  yang diberikan pada tabel 3.7 berlaku untuk beton yang dibuat tanpa HRWR, sedangkan tabel 3.8 berlaku untuk beton yang dibuat dengan menggunakan HRWR.

fcr max		$w/c+p$			
		Ukuran maks. agregat kasar, cm			
		1	1.3	2	2.5
48	28 hari	0.42	0.41	0.40	0.39
	56 hari	1.46	0.44	0.44	0.43
55	28 hari	0.35	0.34	0.34	0.33
	56 hari	0.38	0.37	0.37	0.35
62	28 hari	0.30	0.29	0.29	0.28
	56 hari	0.33	0.32	0.32	0.30
69	28 hari	0.26	0.26	0.26	0.25
	56 hari	0.29	0.28	0.28	0.26

Tabel 3.7

$w/c+p$  maksimum yang dianjurkan untuk beton tanpa menggunakan HRWR

fcr max		$w/c+p$			
		Ukuran maks. agregat kasar, cm			
		1	1.3	2	2.5
48	28 hari	0.50	0.48	0.45	0.43
	56 hari	0.55	0.52	0.48	0.46
55	28 hari	0.44	0.42	0.40	0.38
	56 hari	0.48	0.45	0.42	0.40
62	28 hari	0.38	0.36	0.35	0.34
	56 hari	0.42	0.39	0.37	0.36
69	28 hari	0.33	0.32	0.31	0.30

	56 hari	0.37	0.35	0.33	0.32
76	28 hari	0.30	0.29	0.27	0.27
	56 hari	0.33	0.31	0.29	0.29
83	28 hari	0.27	0.26	0.25	0.25
	56 hari	0.30	0.28	0.27	0.26

Tabel 3.8

$w/c+p$  maksimum yang diizinkan untuk beton dengan menggunakan

HRWR

### 3.9.6 Langkah 6 : Menghitung Kadar Bahan Semen

Berat bahan semen yang dibutuhkan per  $m^3$  beton ditentukan dengan membagi jumlah air campuran per  $m^3$  beton (langkah 4) dengan  $w/c+p$  (langkah 5).  
 $= (185.74)/0.45 = 412.75 \text{ kg}$

### 3.9.7 Langkah 7 : Perhitungkan Komposisi Dasar Campuran

Setelah menentukan berat per  $m^3$  untuk agregat kasar, semen, dan air, dan persentasi kandungan udara, kadar pasir dapat dihitung untuk menghasilkan  $1m^3$ , dengan menggunakan metode volume absolut.

Volume material per  $kg/m^3 =$

- Semen =  $421.75 / 3150 = 0.131 \text{ m}^3$
- Agregat kasar =  $1165.68 / 2695 = 0.43 \text{ m}^3$
- Air =  $185.74/1000 = 0.186 \text{ m}^3$
- Volume total =  $0.747 \text{ m}^3$
- Volume pasir =  $1 - \text{volume total} = 0.253 \text{ m}^3$

Sehingga berat kering yang dibutuhkan per  $m^3$  beton :

- Semen = 421.75 kg
- Pasir (dry) = 655.27 kg
- Kerikil = 1165.68 kg
- Air = 185.74 kg

## LAMPIRAN II

### ANALISA HARGA

Adapun perhitungan Analisa harga ini bertujuan untuk membandingkan antara komposisi optimum yang didapat dibandingkan dengan beton normal apabila ditinjau dari segi biaya.

#### A. Campuran Normal

Dari perhitungan mix design sebelumnya didapatkan perhitungan kebutuhan untuk tiap  $m^3$  adalah sebagai berikut :

Semen = 421.75 kg

Pasir = 655.27 kg

Kerikil = 1165.68 kg

Air = 185.74 kg

Sehingga analisa harganya untuk campuran normal adalah :

	<b>Kebutuhan tiap m<sup>3</sup> (Kg)</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Total Harga (Rp)</b>
<b>Semen</b>	421,75	1000	421750
<b>Pasir</b>	655,27	100	65527
<b>Kerikil</b>	1165,68	150	174852
<b>Air</b>	185,74	0	0
		<b>Jumlah (Rp)</b>	<b>662129</b>

### B. Campuran Optimum (Kapur 10% +FA 10% + PC 80%)

Dari perhitungan mix design dengan menggunakan campuran optimum yaitu menggunakan kapur sebesar 10%, fly ash 10%, dan portland cement sebesar 80% , maka analisa biayanya adalah sebagai berikut :

	<b>Kebutuhan tiap m3 (Kg)</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Total Harga (Rp)</b>
<b>Semen</b>	337,4	1000	337400
<b>Fly ash</b>	42,175	130	5482,75
<b>Kapur</b>	42,175	500	21087,5
<b>Pasir</b>	655,27	100	65527
<b>Kerikil</b>	1165,68	150	174852
<b>Air</b>	185,74	0	0
		<b>Jumlah (Rp)</b>	<b>604349,25</b>

Dari perhitungann di atas dapat diambil kesimpulan bahwa campuran optimum lebih murah apabila ditinjau dari segi biaya, yakni sekitar 11,5% (Rp.57800).

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Malang , 26 September 1986, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal yaitu di TK Dharma Wanita dan Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN 1) Malang, SLTPN 06 Malang dan SMUN 07 Malang. Setelah lulus dari SMUN 07 Malang, penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2004 melalui jalur PMDK dan terdaftar dengan NRP.

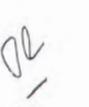
3104 100 016.

Di jurusan Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Struktur. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan pelatihan dan seminar nasional. Selain itu, Penulis juga sempat aktif sebagai pelaksana tugas Ketua Himpunan Mahasiswa (KAHIMA) Jurusan Teknik Sipil, dan Sekretaris Menteri Riset dan Teknologi (Sek.MENRISTEK) BELM FTSP-ITS.

NO.	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	9 November '07	Trial mix pembuatan binder pasta (semen, kapur) dg mencari konsistensi normal terlebih dahulu	menemukan hasil konsistensi normalnya	
2.	11 November '07	Analisa hasil konsistensi normal sebelum dibuat benda uji pasta	Pembuatan benda uji pasta (semen & kapur)	
3.	12 November '07	Pembuatan benda uji pasta (semen & kapur)	Melihat hasil test tetapan umur 14 & 28	
4.	10 November '07	Trial mix pembuatan binder pasta (semen kapur, ditambah fly ash) dgn mencari konsistensi normal terlebih dahulu	menemukan hasil konsistensi normalnya	
5.	26 November '07	Analisa hasil konsistensi normal sebelum dibuat benda uji	Pembuatan benda uji pasta (semen, kapur & fly ash)	

# LAPORAN KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING : Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA  
 NAMA MAHASISWA : Nugroho Arie Putranto NRP: 3104 100 016  
 JUDUL TUGAS AKHIR : Perancangan Kapur utk Peningkatan Kuat Tekan Beton dan SCC  
 TANGGAL PROPOSAL : 5 Februari 2008

NO.	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6	27 November '07	Pembuatan benda uji pasta (semen, kapur & fly ash)	Melihat hasil test tekan umur 14 & 28	
7	28 November '07	Test tekan umur 14 hari (pasta: semen & kapur)	Analisa hasil & melihat hasil tes tekan umur 28	
8	30 November '07	Pembuatan benda uji mortar tanpa fly ash	Melihat hasil test tekan umur 14 & 28	
9	5 Desember '07	Pembuatan benda uji mortar dengan menggunakan fly ash	Melihat hasil test tekan umur 14 & 28	
10	9 Desember '07	Test tekan umur 14 hari (pasta: semen, kapur & fly ash)	Melihat hasil test tekan umur 28 hari.	
	10 Desember '07	Test tekan umur 28 hari (pasta: semen & kapur)	Analisa hasil utk varian ini	

NAMA PEMBIMBING : Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA  
 NAMA MAHASISWA : Nugroho Arie Pratomo NRP: 3104 100 016  
 JUDUL TUGAS AKHIR : Pemanfaatan Kapur utt Perimbangan kuat Tebal Beton dan  
 TANGGAL PROPOSAL : 5 Februari 2008

NO.	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
12	14 Desember '07	Test tetan mortar tanpa fly ash (14 hari)	Analisa hasil test 28 hari	DL
13	19 Desember '07	Test tetan mortar dengan fly ash (14 hari)	Analisa hasil test 28 hari	DL
14	23 Desember '07	Test tetan 28 hari pasta (semen, kapur & fly ash)	Analisa hasil varian ini	DL
15	26 Desember '07	Test tetan mortar tanpa fly ash (28 hari)	← " —	DL
16	2 Januari '08	Test tetan mortar dengan fly ash (28 hari)	— " ←	DL
17.	3 Januari '08	Analisa hasil utt semua benda uji pasta & mortar	Mencari Komposisi yg optimum	DL
18.	4 Januari '08	Mencari reaksi antara kapur dgn fly ash, yaitu dgn membuat benda uji pasta (ditari konsistensi normal pada	Membuat benda uji pasta (fly ash & kapur)	DL

hulu)

DOKTER PEMBIMBING : Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA  
 DOKTER MAHASISWA : Nurrobbil Arie Putranto NRP: 3104 100 018  
 JUDUL TUGAS AKHIR : Pemanfaatan kapur utt peringfatan tuat beton beton + SCC  
 TANGGAL PROPOSAL : 5 Februari 2008

NO.	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	7 Januari '08	Pembuatan benda uji pasta (kapur + flyash)		DL
2.	22 Januari '08	Pengujian 14 hari pasta (kapur + flyash)		DL
3.	5 Februari '08	Pengujian 28 hari pasta (kapur + flyash)	Analisa Hasil	DL
4.	6 Februari '08	Analisa hasil fase lunyan benda uji utt pembuatan silinder 10 x 20	Pembuatan silinder 10 x 20	DL
5.	11 Februari '08	Pembuatan silinder beton 10 x 20 dgn komposisi yg sdh didesain sbelumnya	Analisa hasil tes beton umur 3, 7, 14, 21, 28, 56, 91 hari.	DL
6.	10 Maret '08	Analisa hasil tes beton silinder umur 28 hari	Pembuatan benda uji pasta (pc vs kapur vs fly ash)	DL
7.	12 Maret '08	Pembuatan benda uji pasta (pc vs kapur vs fly ash)	Pembuatan benda uji pasta (80% fly ash)	DL

# REKAPITULASI KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

NAMA PEMBIMBING : Prof. Dr. Ir. Triarulan, DEA  
 NAMA MAHASISWA : Nugroho Arie Putranto NRP : 3104 100 016  
 JUDUL TUGAS AKHIR :  
 TANGGAL PROPOSAL : 5 Februari 2008

NO.	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
25	13 Maret 2008	Pembuatan benda uji pasta dgn 30% fly ash	Analisa hasil tes tekannya umur 14 & 28 hari	<u>VL</u>
27	26 Maret 2008	Analisa hasil tes tekan binder pasta (pe vs kapur vs fly ash) umur 14 hari	Analisa umur 28 harinya	<u>VL</u>
28	27 Maret 2008	Analisa hasil tes tekan binder pasta (30% fly ash) umur 14 hari	Analisa umur 28 harinya	<u>VL</u>
29	28 Maret 2008	Pembuatan beton ukuran silinder 10x20 dgn fly ash 0% & kapur 0, 10, 20%	Analisa hasil	<u>VL</u>
30	1 April 2008	Pembuatan beton ukuran silinder 10x20 dgn fly ash 20% & kapur 0, 10, 20%	Analisa hasil	<u>VL</u>
31	3 April 2008	Pembuatan beton ukuran silinder 10x20 dengan fly ash 30% & kapur 0, 10, 20%	Analisa Hasil	<u>VL</u>

# LAPORAN KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

NAMA PEMBIMBING : Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA  
 NAMA MAHASISWA : Nugroho Ame Putranto NRP : 3104100016  
 JUDUL TUGAS AKHIR : .....  
 TANGGAL PROPOSAL : 5 Februari 2008

NO.	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
32	5 Mei 2008	Uji Setting time	Analisa hasil setting time	<u>DL</u>
33	12 Mei 2008	Uji Panas Hidrasi	Analisa hasil panas hidrasi.	<u>DL</u>
34	15 Mei 2008	Pembuatan benda uji beton ukuran silinder 10x20 dgn PC 90% dan fly ash: kapur=8:2	Analisa hasil	<u>DL</u>
35	21 Mei 2008	Pembuatan benda uji beton ukuran silinder 10x20 dgn PC 90% dan fly ash kapur=9:1	Analisa hasil	<u>DL</u>
36	28 Mei 2008	Uji porositas beton	Analisa hasil	<u>DL</u>
37	26 Mei 2008	Uji tes XRD (X-Ray Diffractometer)	Analisa hasil XRD	<u>DL</u>
38	2 Juni 2008	Trial Self Compacting Concrete (SCC) utk komposisi yg optimal Kapur = 10% fly ash = 10% PC = 80%	Analisa trial yg berhasil	<u>DL</u>

