

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Beton merupakan material yang banyak digunakan dalam bidang konstruksi selain baja dan kayu karena kemudahan dalam memperoleh material penyusun, pelaksanaan konstruksi yang murah dan mudah, serta kekuatan tekan yang besar. Namun beton juga memiliki kelemahan dalam hal kekuatan tarik yang rendah. Besarnya kekuatan tarik berkisar antara 9% hingga 15% dari kekuatan tekannya (Mulyono, 2004). Kekuatan tarik berperan penting untuk struktur beton yang digunakan sebagai jalan dan landasan pesawat (Murdock, dkk, 1991). Pendekatan besarnya kekuatan tarik biasanya dilakukan dengan menggunakan kuat tarik belah beton (Neville, 1981).

Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Pasta semen mengikat pasir dan bahan-bahan agregat lain. Rongga di antara bahan-bahan kasar diisi oleh bahan-bahan halus. Pada beton dapat ditambahkan bahan aditif dan bahan *admixture*. Penambahan bahan tersebut umumnya ditujukan untuk menambah kekuatan beton dan mencapai sifat yang diinginkan.

Salah satu bahan aditif yang potensial untuk dikembangkan adalah abu terbang (*fly ash*). Abu terbang (*fly ash*) merupakan sisa pembakaran batu bara yang selama ini belum dimanfaatkan berupa butiran halus berbentuk bundar dan bersifat *pozzolanik*. *Pozzolan* adalah bahan yang mengandung silika atau silika dan aluminium yang bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida membentuk kalsium silikat yang bersifat dapat mengikat (Neville, 1981). Dengan penggunaan abu terbang untuk menggantikan sebagian semen diharapkan biaya pembuatan beton dapat diminimalkan.

Dalam pembuatan beton, terutama dengan metode konvensional pemadatan menjadi hal yang penting. Pemadatan berfungsi untuk meminimalkan udara yang terjebak dalam beton segar sehingga tidak terjadi rongga-rongga udara yang dapat mengurangi kekuatan beton. Kesulitan dapat terjadi bila konstruksi tersebut memiliki penulangan yang rapat dan lokasi yang sulit terjangkau oleh alat pemadat. Karena hal itulah dikembangkan suatu inovasi baru yaitu *Self Compacting Concrete* (SCC).

SCC adalah campuran beton yang dapat memadat sendiri tanpa menggunakan alat pemadat. Beton ini mampu mengalir dalam cetakan pada bekisting dan memadat

dengan memanfaatkan berat sendiri. Pada saat dituang ke dalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip gravitasi sehingga dapat digunakan pada pengecoran beton dengan penulangan yang sangat rapat.

SCC pertama kali dikembangkan di Jepang pada tahun 1980 dengan tujuan untuk mendapatkan beton yang memiliki durabilitas tinggi. Semenjak itu, dilakukan berbagai penelitian untuk menemukan campuran yang tepat. Bahan SCC sama dengan beton normal, yaitu agregat, semen, air, aditif, dan *admixture*. Komposisi agregat kasar pada beton konvensional menempati 70-75 % dari total volume beton. Sedangkan dalam SCC agregat kasar dibatasi jumlahnya sekitar kurang lebih 50 % dari total volume beton supaya bisa mengalir dan memadat sendiri tanpa alat pemadat. Disamping itu agregat kasar yang digunakan dalam SCC memiliki ukuran yang relatif lebih kecil dari beton konvensional.

Berdasarkan uraian diatas, dalam penelitian ini peneliti mengangkat penggunaan berbagai komposisi *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dengan menggunakan metode SCC. Parameter yang digunakan adalah kekuatan tarik belah yang dihasilkan beton tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh komposisi antara *fly ash* dan semen dalam campuran *binder* beton *fly ash* ditinjau dari *setting time*.
2. Bagaimana pengaruh komposisi antara *fly ash* dan semen dalam pembuatan campuran beton ditinjau dari kuat tarik belah beton.
3. Bagaimana perbandingan komposisi *fly ash* dan semen dalam pembuatan campuran beton sehingga menghasilkan kuat tarik belah yang optimum.
4. Bagaimana pengaruh penambahan *viscocrete* dengan metode SCC terhadap kuat tarik belah beton.

1.3 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini ditetapkan batasan sebagai berikut :

1. Dalam mix design kuat tekan rencana yang ingin dicapai adalah 40 MPa.
2. Ukuran agregat yang digunakan berkisar 10 mm.

3. Semen yang digunakan adalah *Pozzolan Portland Cement* (PPC) produksi PT. Semen Gresik.
4. *Fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* tipe F dari PLTU Paiton yang dijual di pasaran.
5. *Chemical admixture* yang digunakan adalah *viscocrete 10* produksi PT Sika Nusa Pratama.
6. Pengujian laboratorium yang akan dilakukan adalah:
 - Uji *fillingability* dengan *V-funnel* dan *slump cone* pada beton segar
 - Uji *setting time* pada *binder* beton *fly ash*.
 - Uji tarik belah pada beton keras umur 14 dan 28 hari.
7. Tidak dilakukan analisa kimia.
8. Pembahasan ditujukan untuk mencari komposisi optimum dari beton *fly ash* dengan menggunakan metode SCC ditinjau dari kuat tarik belahnya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh komposisi antara *fly ash* dan semen dalam campuran *binder* beton *fly ash* ditinjau dari *setting time*.
2. Untuk mengetahui pengaruh komposisi *fly ash* dan semen dalam pembuatan campuran beton ditinjau dari kuat tarik belah beton.
3. Untuk mengetahui perbandingan komposisi *fly ash* dan semen dalam pembuatan campuran beton yang menghasilkan kuat tarik belah yang optimum.
4. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *viscocrete* dengan metode SCC terhadap kuat tarik belah beton

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan alternatif penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dengan menerapkan metode SCC. Diharapkan beton *fly ash* dengan metode SCC dapat diterapkan di lapangan untuk mengurangi biaya pembuatan dan mempermudah pengerjaan. Metode SCC juga dapat dimanfaatkan untuk mengatasi keterbatasan alat pemadat, menghilangkan kebisingan akibat alat pemadat, dan tulangan yang terlalu rapat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Konvensional

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Menurut Nawy (1985) beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya. Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

- Kualitas semen
- Proporsi campuran
- Kekuatan dan kebersihan agregat
- Interaksi atau adhesi pasta semen dan agregat
- Penempatan yang benar, penyelesaian, dan pemadatan beton.
- Perawatan beton.

Kekuatan beton juga dipengaruhi oleh kepadatan serta kekerasan massa agregat. Menurut (Dipohusodo, 1994) nilai kuat tekan beton yang dicapai ditentukan oleh mutu bahan agregat. Pada beton konvensional, volume agregat menempati sekitar 60% sampai 80% dari volume beton sehingga agregat merupakan komponen beton yang paling berperan penting.

Beton yang paling padat dan kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dengan derajat workabilitas yang dibutuhkan untuk memberikan kepadatan maksimal (Murdock, dkk, 1991). Jumlah air minimal merupakan perbandingan air semen dalam campuran beton. Perbandingan air semen dibuat seminimal mungkin dengan memperhatikan batas *workability* yang dibutuhkan untuk menghasilkan kekuatan beton yang optimal. *Workability* mencakup kemudahan beton untuk dipadatkan, kemudahan beton untuk mengalir dalam cetakan, serta kemampuan beton tetap homogen untuk mencegah terjadinya pemisahan agregat dari bahan utamanya (segregasi). Salah satu cara untuk mendapatkan *workabilitas* yang baik adalah dengan penambahan *admixture*.

Pemadatan berfungsi untuk menghindarkan terjadinya segregasi, memperoleh kepadatan yang maksimal, dan mengurangi rongga udara yang terperangkap dalam

beton sehingga didapatkan kekuatan yang maksimal. Pemadatan umumnya dilakukan menggunakan alat pemadat (*vibrator*). Namun penggunaan *vibrator* dapat menjadi suatu masalah apabila tulangan dalam beton terlalu rapat, dan lokasi yang tidak terjangkau.

2.2 Metode SCC

2.2.1 Definisi

SCC merupakan inovasi dari beton yang tidak memerlukan proses penggetaran untuk menempati bekistingnya dan memadat. SCC mampu mengalir sendiri, mampu memenuhi atau mengisi bekisting (*formwork*), dan mencapai kepadatan tertingginya. Beton SCC yang keras bersifat 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 pertama kali dikembangkan di Jepang pada tahun 1980. Sejak saat itu banyak dilakukan penelitian untuk mendapatkan campuran SCC yang optimal. SCC tidak memerlukan pemadatan dan mampu mengalir memenuhi seluruh ruang kosong dan rongga bekisting. Setelah pengecoran selesai dilakukan, permukaan beton menjadi rata. Penggunaan SCC dapat mempermudah pelaksanaan di lapangan karena mempunyai tingkat workabilitas yang tinggi. Pengecoran beton SCC ditampilkan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Pengecoran beton SCC

Beberapa metode yang telah diterapkan untuk memperoleh sifat beton yang *self-compatibility* adalah membatasi kandungan agregat, rasio *water-powder* yang rendah, dan penggunaan bahan aditif seperti *superplastizier* (Okamura & Ouchi, 2003)

2.2.2 Kelebihan metode SCC

Kelebihan penggunaan SCC antara lain :

- Permukaan beton yang dihasilkan cenderung rata sehingga tidak perlu dilakukan pekerjaan perataan permukaan.
- Dapat mengisi daerah bekisting yang sulit dijangkau bila menggunakan beton normal sehingga dimungkinkan pembuatan struktur dengan bentuk yang beraneka ragam.
- Memperpendek siklus waktu pencetakan beton.
- Tingkat produktifitas dalam jumlah hasil produk akan lebih tinggi dibandingkan dengan sistem pembetonan normal.
- Penghematan energi yang digunakan oleh penggetar.
- Penghilangan suara bising yang akan memungkinkan perbaikan suasana kerja di proyek.
- Meningkatkan keseragaman beton yang dihasilkan dengan mengurangi kemungkinan terjadinya perbedaan karena faktor pekerja

2.2.3 Campuran metode SCC

Campuran SCC adalah campuran yang bersifat fluida, yang mudah mengalir saat dituangkan baik pada keadaan penulangan yang rapat maupun lokasi yang sulit tanpa diperlukan adanya proses pemadatan. Secara prinsip, campuran SCC harus :

- Cukup plastis sehingga dapat memadat tanpa adanya proses pemadatan.
- Tetap homogen selama proses pengangkutan, penuangan, dan setelah pengecoran.
- Mengalir dengan mudah menembus penulangan yang rapat.

Sementara itu, persyaratan dasar suatu campuran dikatakan memenuhi kriteria SCC berdasarkan :

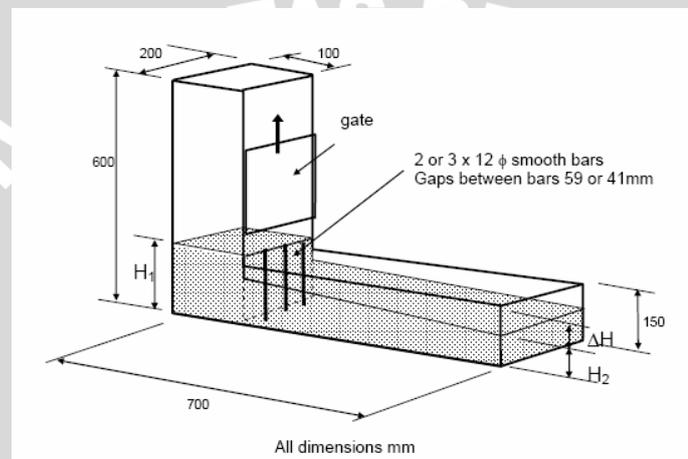
- *Fillingability*, yaitu kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan.
- *Passingability*, yaitu kemampuan campuran beton untuk melewati struktur ruangan yang rapat.
- *Segregation resistance*, yaitu kemampuan beton untuk tetap homogen selama dan setelah terjadinya proses pengecoran terjadi.

2.2.4 Pengujian Beton Segar

Untuk menjamin terpenuhinya kriteria SCC maka dilakukan pengujian untuk beton segar. Pengujian beton segar untuk metode SCC sangat berbeda dengan metode konvensional. Pengujian ini meliputi :

a. *L-shaped Box test*

L-shaped box test digunakan untuk menguji *flowability* campuran. Gambar alat uji dapat dilihat pada **Gambar 2.2**. Perhitungan waktu saat pengujian *flowability* dengan *L-shaped box* menggunakan 2 buah *stopwatch*. Perhitungan waktu *stopwatch* dijalankan saat penutup pintu pada alat *L-shaped box* dibuka secara keseluruhan dan pada saat aliran beton tersebut mulai mengalir secara konstan. Untuk *stopwatch* pertama, perhitungan waktu dihentikan pada saat aliran beton mencapai garis batas 40 cm dari sisi dalam *L-shaped box* (FL_{40}). Sedangkan *stopwatch* kedua perhitungan waktu dihentikan saat aliran beton mencapai ujung dari *L-shaped box* (FL_{max}).



Gambar 2.2 L-shaped box

b. *Slump cone test*

Metode pengujian dengan *slump cone* merupakan metode yang sederhana, cepat dan mudah untuk dilakukan di lapangan. Pengujian *slump* ini berbeda dengan pengujian *slump* yang dilakukan pada beton konvensional. Pada pengujian *slump cone* ini alat yang digunakan terbalik sehingga diameter yang kecil terletak di bawah dan diameter yang besar terletak di atas. Gambar *slump cone* ditampilkan pada **Gambar 2.3**.

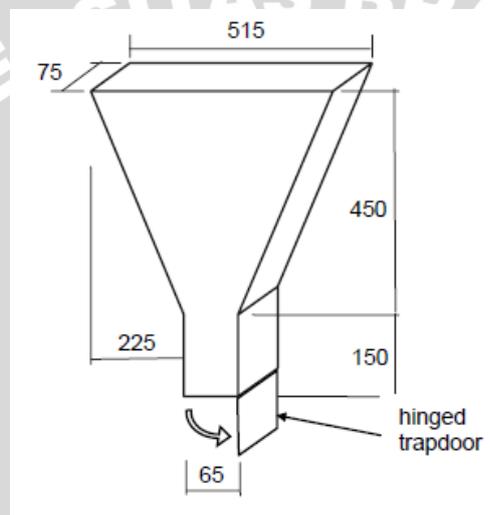


Gambar 2.3 *Slump cone*

Di dalam pengujian dengan menggunakan *slump cone* ini, terdapat suatu batasan-batasan dimana kategori *SCC* dikatakan masuk dalam syarat *filling ability* yang baik. Batasan dalam alat uji *slump cone* ini, campuran beton yang dikategorikan *SCC* harus mampu mencapai diameter 50 cm dalam waktu 3-6 detik.

c. *V-funnel*

Pengujian *V-funnel* ini dikembangkan pertama kali di Jepang dan digunakan oleh Ozawa. Alat ini terdiri dari corong berbentuk V yang dapat dilihat pada **Gambar 2.4** Hasil dari pengujian *V-funnel* ini saling mendukung dengan hasil pengujian *slump cone*.



Gambar 2.4 *V-funnel*

Pengujian dengan *V-funnel* ini berguna untuk mengukur flowabilitas dari campuran beton, dimana kemampuan campuran beton untuk mengisi ruang dapat dilihat. Selain itu pengujian *V-funnel* juga dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan campuran beton untuk menahan segregasi.

Desain dari alat *V-funnel* ini sendiri dapat mengindikasikan campuran beton itu mengalami *blocking* atau tidak. Sebagai contoh apabila terlalu banyak komposisi agregat kasar pada campuran beton maka waktu yang diperlukan campuran untuk mengalir semakin lama.

Didalam pengujian dengan menggunakan *V-funnel ini*, terdapat suatu batasan-batasan dimana kategori *SCC* dikatakan masuk dalam syarat *fillingability* yang baik. Batasan dalam alat uji *V-funnel* ini adalah campuran beton yang dikategorikan *SCC* harus mampu mencapai waktu 8 – 12 detik.

2.3 *Setting time*

Setting time beton adalah perubahan secara gradual dari beton cair menjadi beton keras. Waktu *setting* awal beton dapat memberi pengaruh pada performa beton keras. Waktu *setting* akhir beton erat kaitannya dengan terjadinya tegangan dan regangan beton. Perubahan suhu juga mempengaruhi pada *setting time* beton dan dapat memprediksikan waktu *setting time*. Semakin panas udara lingkungan, akan semakin memperpendek waktu *setting* awalnya dibandingkan dengan pada temperatur normal.. Kondisi semacam ini sangat mempengaruhi pekerjaan penuangan beton di lapangan.

Keadaan *setting time* dalam campuran beton sangat penting karena waktu *setting* ini menentukan waktu pengerasan campuran beton dan diikuti dengan terjadinya susut pada beton. Secara umum metode yang digunakan untuk menentukan waktu *setting* awal dan akhir adalah alat ukur jarum vicat dan untuk metode tahanan penetrasi digunakan alat ukur penetrometer (ASTM C403, 1999). Alat vicat ditampilkan pada **Gambar 2.5.**



Gambar 2.5 Vicat

Beton *fly ash* memiliki waktu *setting time* yang lebih lama dibandingkan dengan beton normal. Hal ini menjadikan beton *fly ash* kurang sesuai untuk digunakan sebagai beton dengan kekuatan awal yang tinggi. Waktu *setting time* yang lebih lambat dapat dimanfaatkan bila pengangkutan dengan jarak yang jauh. Sementara untuk memperpendek waktu *setting* dapat ditambahkan bahan *admixture* dengan tipe *accelerating admixture* untuk mempercepat waktu pengerasan.

2.4 **Kuat Tarik Belah Beton**

Pada bangunan gedung, bila diperlukan kekuatan tekan yang tinggi, maka data tentang kemampuan tarik dari beton kurang mempunyai arti. Hal ini disebabkan oleh

kemampuan tarik beton yang sangat kecil, sehingga dalam perhitungan sering kali diabaikan. Akan tetapi pada pembangunan jalan dan landasan pacu pesawat terbang (*runway*), kekuatan tarik mempunyai arti yang sangat penting. Sebagai contoh kekuatan tarik pada komponen yang memikul beban lentur sangat berguna untuk mendistribusikan beban terpusat yang diterima dari roda kendaraan terhadap keseluruhan luas lantai perkerasan atau *runway*.

Pengukuran kuat tarik beton secara langsung sulit dilakukan. Beberapa cara digunakan untuk mendapatkan kuat tarik beton, yaitu :

a. Modulus keruntuhan (*modulus of rupture*)

Pengujian modulus keruntuhan menghasilkan besaran kuat tarik dalam keadaan lentur yang disebut kuat lentur. Suatu beban diterapkan lewat dua buah rol di titik sepertiga dari bentang sampai benda uji pecah karena terjadi tarikan ekstrim pada serat, yaitu tekan pada bagian atas dan tarik pada bagian bawah. Pada saat benda uji pecah akan didapatkan momen lentur, kemudian dilakukan perhitungan tegangan tarik lentur (f_r) berdasarkan persamaan (2.1).

$$f_r = \frac{6M}{bh^2} \quad (2.1)$$

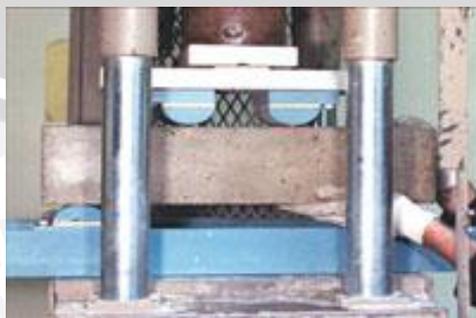
Dengan :

M : momen yang bekerja pada benda uji

b : lebar benda uji

h : tinggi keseluruhan benda uji

Balok biasanya pecah pada daerah tarik karena kekuatan tarik sangat rendah dibandingkan kekuatannya (Murdock, dkk, 1981). Gambar pengujian dengan modulus keruntuhan ditampilkan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Alat pengujian modulus keruntuhan

b. Pengujian kuat tarik belah beton.

Pengujian kuat tarik belah merupakan suatu pengujian tak langsung untuk mendapatkan nilai kuat tarik beton. Sebuah silinder beton diletakkan di alat uji dalam posisi rebah diantara dua plat di atas dan di bawah silinder beton seperti pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Alat uji kuat tarik belah

Pembebanan diberikan sepanjang selimut silinder beton hingga dicapai nilai maksimum dimana beton akan terbelah oleh beban tarik horizontal. Tegangan tarik horizontal besarnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-2)

$$f_t = \frac{2P}{\pi dL} \quad (2-2)$$

Dengan :

P = beban maksimal yang diberikan (N)

d = diameter dalam silinder (mm)

L = panjang silinder (mm)

f_t = kekuatan tarik belah (N/mm^2)

Sumber : (Murdock, 1991)

Uji kuat tarik belah merupakan pengujian yang paling mudah dan memberikan hasil yang cenderung seragam dibandingkan pengujian kuat tarik yang lain. Hasil pengujian kuat tarik belah memiliki nilai yang paling mendekati kuat tarik beton yang sesungguhnya.

2.5 Material Penyusun Beton

2.5.1 Agregat

Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran kurang dari 40 mm, sedangkan ukuran diatas 40 mm digunakan pada pekerjaan sipil lainnya, seperti pekerjaan jalan, pondasi, bendungan, dinding penahan tanah dan lain sebagainya. Agregat merupakan material utama pembentuk beton, selain pasta semen. Komposisi agregat berkisar antara 60%-70% dari berat campuran beton (Mulyono, 2004). Agregat berfungsi untuk memberikan bentuk pada beton, memberikan kekerasan untuk menahan beban, dan menghemat penggunaan semen sehingga lebih ekonomis.

Agregat yang digunakan dalam beton berdasarkan asalnya dibedakan menjadi agregat alam dan agregat buatan. Sementara berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi:

a. Agregat kasar atau kerikil

Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4.80 mm. Agregat kasar dibagi lagi menjadi dua yaitu agregat dengan diameter 4.80 mm hingga 40 mm disebut kerikil beton dan ukuran lebih besar dari 40 mm disebut kerikil kasar. Jumlah agregat kasar untuk metode SCC lebih kecil bila dibandingkan dengan beton konvensional. Pada metode SCC, agregat kasar jumlahnya dibatasi kurang lebih 50% dari total volume beton, sehingga beton dapat mengalir dan memadat sendiri tanpa bantuan alat pemadat (Sugiharto, dkk, 2001).

b. Agregat halus atau pasir

Batasan ukuran agregat halus menurut BS (*British Standard*) adalah 4.80 mm atau 4.75 mm menurut ASTM C-33. Untuk SCC diperlukan jumlah agregat halus yang lebih banyak dibandingkan dengan beton konvensional (Sugiharto, dkk, 2001). Kadar agregat halus pada mortar SCC umumnya mendekati 60% dari total volume mortar beton (Okamura & Ouchi, 2003).

Karena pengaruh agregat yang sangat besar, maka perlu memahami sifat agregat secara menyeluruh, sehingga beton dapat dikerjakan, bersifat kuat, tahan lama, dan ekonomis. Adapun sifat-sifat agregat dalam campuran beton :

a. Penyerapan agregat

Serapan air adalah banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat apabila agregat direndam dalam air hingga jenuh. Jika agregat basah yang didalamnya jenuh dengan air dikeluarkan dari rendaman dan air di permukaannya menguap, maka agregat tersebut dalam keadaan jenuh kering permukaan.

b. Kadar air agregat

Kadar air agregat adalah banyaknya air di dalam agregat tersebut. Kadar air agregat erat kaitannya dengan keadaan air di dalam agregat. Keadaan air dalam agregat dibedakan menjadi :

- Keadaan kering oven, yaitu agregat dalam keadaan benar-benar kering sehingga agregat mampu menyerap air secara penuh.
- Keadaan kering udara, yaitu permukaan butiran dalam keadaan kering, namun di dalam butiran masih mengandung air sehingga agregat masih mampu menyerap sedikit air.
- Keadaan jenuh kering permukaan, yaitu permukaan agregat dalam keadaan kering, sementara di dalam agregat jenuh air sehingga dalam campuran beton agregat tidak akan menyerap maupun menambah jumlah air.
- Keadaan basah, yaitu agregat dalam keadaan basah baik di permukaan maupun di dalam butiran sehingga bila agregat digunakan harus dilakukan pengurangan jumlah air.

c. Berat jenis

Berat jenis akan menentukan volume yang akan diisi oleh agregat. Berat jenis agregat menentukan berat jenis beton dan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Semakin tinggi berat jenis agregat akan semakin kecil penyerapan agregat tersebut.

d. Gradasi agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butir agregat, yang biasanya ditunjukkan oleh susunan butir yang terjadi dari ukuran terkecil sampai terbesar yang dipakai. Berdasarkan ukuran butir yang menyebar gradasi agregat dibagi menjadi tiga, yaitu gradasi sela (*gap gradation*), gradasi seragam (*uniform gradasi*), dan gradasi menerus (*continous gradation*). Dari ketiga jenis gradasi ini, gradasi menerus yang memberikan hasil beton yang mempunyai pori sedikit, kepadatan yang tinggi, sifat penguncian yang baik antar ukuran agregat dan setiap ukuran terdistribusi dengan baik.

Tabel 2.1 dan **Tabel 2.2** menunjukkan beberapa gradasi standar untuk pasir menurut *British Standard* dan *ASTM* .

Tabel 2. 1 Batasan gradasi agregat halus menurut British Standard 882

Diameter Ayakan (mm)	% Lolos Saringan Gradasi I	% Lolos Saringan Gradasi II	% Lolos Saringan Gradasi III	% Lolos Saringan Gradasi IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan : - Daerah gradasi I adalah pasir kasar
 - Daerah gradasi II adalah pasir agak halus
 - Daerah gradasi III adalah pasir halus
 - Daerah gradasi VI adalah pasir agak halus

Tabel 2. 2 Standar gradasi agregat halus menurut ASTM

Diameter Saringan (mm)	Presentase Lolos Saringan
9.5	100
4.75	95-100
2.36	80-100
1.18	50-85
0.6	25-60
0.3	10-30
1.15	2-10

e. Modulus kehalusan agregat

Modulus kehalusan adalah suatu indeks untuk mengukur kekasaran atau kehalusan agregat.

f. Ketahanan kimia

Pada umumnya beton tidak tahan terhadap serangan kimia seperti serangan alkali dan serangan sulfat.

g. Kekekalan agregat

Kekekalan agregat diuji dengan menggunakan larutan kimia untuk memeriksa reaksinya pada agregat.

h. Perubahan volume

Penyebab terjadinya perubahan volume adalah reaksi antara semen dan air seiring dengan mengeringnya beton.

i. Sifat thermal agregat

Sifat thermal akan mempengaruhi keawetan dan kualitas dari beton terutama koefisien muai, panas jenis, dan penghantar panas.

j. Bahan-bahan lain yang mengganggu

Bahan-bahan ini menyebabkan terganggunya proses pengikatan serta pengerasan beton. Bahan pengganggu antara lain : alkali, sulfat, bahan padat yang menetap, bahan organik, dan humus.

Ukuran agregat dapat mempengaruhi kekuatan beton, semakin besar ukuran agregat maksimum, maka akan terjadi penurunan kekuatan, serta meningkatnya kesulitan dalam pengerjaan. Ukuran dan bentuk agregat telah diatur oleh ASTM, BS, dan SNI atau SII. Selain itu penentuan ukuran butir maksimum dari agregat cenderung tergantung pada kondisi cetakan dan penulangan. Batasan ukuran menurut SK.SNI T-15-1991-03 diameter maksimum adalah 40 mm. Untuk dasar perencanaan campuran beton besar butir maksimum agregat (ACI 318,1989) membatasi sebagai berikut:

- 1/5 dari jarak terkecil antara bidang samping cetakan
- 1/3 dari tebal pelat
- 3/4 dari jarak bersih minimum diantara batang-batang tulangan dan berkas tulangan.

2.5.2 Semen

Semen adalah bahan perekat beton yang umumnya digunakan karena ketersediaan semen yang cukup besar, sifat rekatnya, serta biaya yang cukup ekonomis, serta tidak perlu adanya perawatan selama masa penggunaan. Campuran SCC menggunakan bahan semen lebih banyak dibandingkan beton normal untuk mencapai kemudahan mengalir yang cukup. Hal ini akan meningkatkan biaya material, panas hidrasi dan menaikkan penyusutan. Semua jenis semen dapat dipakai untuk SCC.

Produksi semen menggunakan bahan mentah seperti batu kapur, pasir silika, tanah liat pasir besi dan bahan lain yang dioksidasi pada suhu $\pm 850^{\circ}\text{C}$. Selanjutnya bahan ini dibakar didalam tungku pembakaran dengan suhu yang lebih tinggi 1400 hingga 1600°C ($2550 - 2900^{\circ}\text{F}$) yang menghasilkan senyawa kimia kalsium silikat. Untuk menghasilkan semen dengan kualitas tinggi diperlukan bahan mentah yang komposisinya seragam serta lebih murni. Persentasi dari oksida yang terkandung di dalam semen Portland sebagai berikut :

- Kapur (CaO) : 60-66%
- Silika (SiO_2) : 16-25%
- Alumina (Al_2O_3) : 3-8%
- Besi : 1-5%

Jumlah batu kapur pada bahan semen menempati sekitar 50-70% dari total bahan semen. Adanya perubahan jumlah kapur akan merubah susunan senyawa kimia semen. Batu kapur yang dipakai untuk bahan semen adalah batu kapur hasil oksidasi (penguraian). Senyawa kimia, sifat dari masing-masing senyawa kimia dan jumlah yang terkandung dalam semen akan menentukan tipe semen yang dihasilkan.

Senyawa utama yang paling berperan menentukan sifat ikat semen adalah Trikalsium silikat (C_3S). Semakin besar presentase C_3S , maka pengikatan, reaksi dengan air dan pengerasan semakin cepat. Dikalsium silikat (C_2S), sama fungsinya seperti C_3S , menentukan kecepatan mengikat, hanya lebih lambat dan kadarnya dalam semen lebih kecil. Senyawa C_3A adalah senyawa yang paling reaktif, mempunyai reaksi hidrasi yang sangat cepat dan panas hidrasi yang tinggi. C_4AF berfungsi sebagai katalisator (*fluxing agents*) yang menurunkan temperature pembakaran dalam tungku untuk pembentukan kalsium silikat. Senyawa kimia yang dimaksud tertera pada **Tabel 2.3**. Sifat dari senyawa tersebut dapat dilihat di **Tabel 2.4**.

Tabel 2.3 Empat senyawa utama semen Portland (komposisi Bogue)

Nama Oksida Utama	Rumus Empiris	Rumus Oksida	Notasi Pendek	Kadar rata-rata (%)
Trikalsium Silikat	$Ca_3 SiO_5$	$3CaO \cdot SiO_2$	C_3S	50
Dikalsium Silikat	$Ca_2 SiO_4$	$2CaO \cdot SiO_2$	C_2S	25
Trikalsium Aluminat	$Ca_3 AlO_6$	$3CaO \cdot Al_2O_3$	C_3A	12
Tetra Kalsium Aluminoforit	$2Ca_2 AlFeO_5$	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	C_4AF	8
Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum)		$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	CSH	3.5

Tabel 2.4 Sifat senyawa kimia semen

Bahan	Kecepatan Hydrasi	Panas Hydrasi (joule/gram)	Pengaruh terhadap kekuatan	Susut
C_3S	Cepat	503 - tinggi	>> dalam 28 hari	Sedang
C_2S	Lambat	260 - rendah	>> setelah 28 hari	Sedang
C_3A	Sangat Lambat	867 - sangat tinggi	> dalam 1 hari	Besar
C_4AF	Cepat	419 - sedang	sedikit	kecil

2.5.3 Air

Air dalam pembuatan beton digunakan untuk membantu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan mempermudah *workability*. Air yang tercemar oleh garam, minyak, maupun bahan kimia lain akan menurunkan kekuatan beton. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya rongga udara setelah proses hidrasi selesai, sementara air yang terlalu sedikit akan menyebabkan tidak selesainya proses hidrasi.

Pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dan air, sehingga perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut dengan faktor air semen (*water cement ratio*) penting, terutama untuk menentukan kekuatan beton (Mulyono, 2004).

Syarat umum air yang digunakan untuk campuran beton adalah (ACI 318-89):

- Air harus bersih dan tidak mengandung minyak, asam, alkali, zat organis, dan bahan lain yang dapat merusak beton maupun tulangnya.

- Sebaiknya untuk campuran beton, digunakan air tawar yang dapat diminum.
- Air yang digunakan untuk pembuatan beton pra-tekan dan beton yang akan ditanami logam aluminium tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

2.5.4 Fly ash

Fly ash adalah material yang berasal dari sisa pembakaran batu bara tidak terpakai. Pembakaran batu bara kebanyakan digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Limbah yang dihasilkan dari PLTU ini mencapai 1 juta ton per tahun. *Fly ash* yang dihasilkan ini 75-90 % dapat ditangkap dengan sistem elektrostatik precipitator, dan sisanya terdapat di dasar tungku yang sering disebut dengan *bottom ash*. Mutu *fly ash* yang dihasilkan sangat bergantung pada kesempurnaan proses pembakaran.

Ukuran partikel *fly ash* bervariasi dari ukuran kurang dari $1\ \mu\text{m}$ hingga lebih besar dari $100\ \mu\text{m}$. Luas permukaan *fly ash* antara $300 - 500\ \text{m}^2/\text{kg}$, bahkan ada yang luas permukaan dibawah $200\ \text{m}^2/\text{kg}$ atau diatas $700\ \text{m}^2/\text{kg}$. Berat jenis *fly ash* berkisar antara 1.9 – 2.8 dengan warna abu-abu dan perak.

Abu terbang mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozolanik, kandungannya sebagian besar terdiri dari silikat oksida (SiO_2), aluminium (Al_2O_3), oksida besi (Fe_2O_3) dan kalsium (CaO), serta sedikit magnesium, potassium, sodium dan sulfur. Sebagian besar komposisi kimia dari abu terbang dipengaruhi oleh jenis batu bara.

Abu terbang memiliki butiran yang lebih halus daripada butiran semen dan mempunyai sifat hidrolis, sehingga abu terbang dapat menambah kekuatan beton. Secara mekanik abu terbang ini akan mengisi ruang kosong (rongga) diantara butiran – butiran semen dan secara kimiawi akan memberikan sifat hidrolis pada kapur bebas yang dihasilkan dari hidrasi, dimana mortar hidrolis ini akan lebih kuat daripada mortar udara (kapur bebas + air) (Suhud, 1993).

Menurut ASTM C 618-86, terdapat dua jenis abu terbang, yaitu kelas F dan kelas C. Kelas F dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis antrasit dan bituminous, sedangkan kelas C batu bara terdiri dari jenis *lignite* dan subbituminous. Kelas C mengandung kadar kapur lebih tinggi dibandingkan dengan kelas F.

Sementara menurut ACI *Manual of Concrete Practice 1993 parts I 226.3R-3* abu terbang dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

- a. Kelas C, abu terbang yang mengandung CaO diatas 10%, yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub-bitumen batu bara (batu bara muda), dengan komposisi kadar $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 50 \%$ dan kadar CaO sampai 10 %, untuk campuran beton digunakan sebanyak 15 – 35 % dari total semen. Gambar *fly ash* kelas C dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2. 8 *Fly ash* kelas C

- b. Kelas F, *fly ash* yang mengandung CaO lebih kecil dari 10 %, dihasilkan dari pembakaran anthracite atau batu bara dengan komposisi kadar $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 70 \%$ dan kadar CaO $< 5 \%$. Pada campuran beton hanya digunakan sebanyak 15 - 25 % dari total berat semen. Gambar *fly ash* kelas F dapat dilihat pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2. 9 *Fly ash* kelas F

- c. Kelas N, pozollan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomik, *shales*, batuan *tuff* dan abu vulkanik yang biasa didapat dari proses pembakaran ataupun tidak.

2.5.5 *Viscocrete*

Viscocrete merupakan bahan *admixture*. Gambar *viscocrete* ditampilkan pada **Gambar 2.10**. *Admixture* menurut ACI 116 R dan ASTM C 125 adalah material selain air, agregat, semen, dan bahan perkuatan yang digunakan sebagai penyusun beton dan ditambahkan sesaat sebelum atau saat proses pencampuran (*mixing*) beton. Bahan

admixture biasanya merupakan bahan kimia yang dirancang sedemikian rupa untuk mencapai sifat beton yang diinginkan baik dalam bentuk mortar atau sudah berupa beton keras.



Gambar 2. 10 Sika *viscocrete* 10

Menurut ASTM C.494, *admixture* dibedakan menjadi tujuh, yaitu:

a. Tipe A : *Water Reducing Admixture* (WRA)

Bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan air pengaduk untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. Dengan menggunakan jenis bahan tambah ini akan meningkatkan *workability* dan kuat tekan beton, serta mengurangi biaya pembuatan.

b. Tipe B : *Retarding Admixture*

Bahan tambah yang berfungsi untuk memperlambat proses waktu pengikatan beton. Biasanya digunakan pada saat kondisi cuaca panas untuk memperpanjang waktu untuk pematangan, pengangkutan dan pengecoran.

c. Tipe C : *Accelerating Admixtures*

Jenis bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat proses pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk memperpendek waktu pengikatan semen sehingga mempercepat pencapaian kekuatan beton. Yang termasuk jenis *accelerator* adalah : kalsium klorida, bromide, karbonat dan silikat.

d. Tipe D : *Water Reducing and Retarding Admixture*

Jenis bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi jumlah air pengaduk yang diperlukan pada beton tetapi tetap memperoleh adukan dengan konsistensi tertentu sekaligus memperlambat proses pengikatan awal dan pengerasan beton. Dengan menambahkan bahan ini ke dalam beton, maka jumlah semen dapat dikurangi sebanding dengan jumlah air yang dikurangi. Bahan ini berbentuk cair

sehingga dalam perencanaan jumlah air pengaduk beton berat *admixture* ini harus ditambahkan sebagai berat air total pada beton.

e. Tipe E : *Water Reducing and Accelerating Admixture*

Jenis bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi jumlah air pengaduk yang diperlukan pada beton tetapi tetap memperoleh adukan dengan konsistensi tertentu sekaligus mempercepat proses pengikatan awal dan pengerasan beton. Beton yang ditambah dengan bahan tambah jenis ini akan dihasilkan beton dengan waktu pengikatan yang cepat serta kadar air yang rendah tetapi tetap *workable*. Dengan menggunakan bahan ini diinginkan beton yang mempunyai kuat tekan tinggi dengan waktu pengikatan yang lebih cepat (beton mempunyai kekuatan awal yang tinggi).

f. Tipe F : *Water Reducing, High Range Admixture*

Jenis bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12 % atau lebih. Dengan menambahkan bahan ini ke dalam beton akan mengurangi jumlah air pengaduk dalam jumlah yang cukup tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan tinggi dengan jumlah air sedikit, tetapi tingkat kemudahan pekerjaan (*workability* beton) juga lebih tinggi. Bahan tambah jenis ini berupa *superplasticizer*.

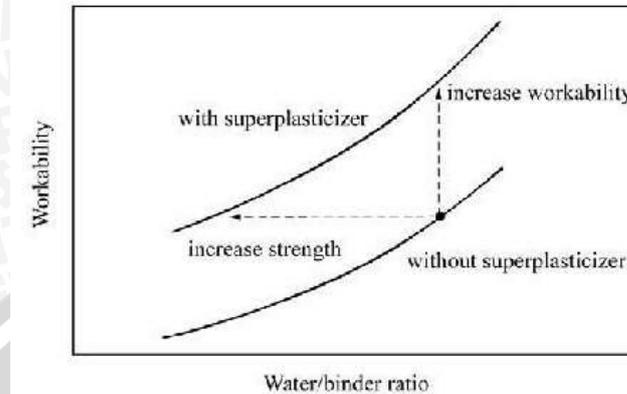
g. Tipe G : *Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*

Jenis bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12 % atau lebih sekaligus menghambat pengikatan dan pengerasan beton. Bahan ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan memperlambat waktu ikat beton. Digunakan apabila pekerjaan sempit karena keterbatasan sumber daya dan ruang kerja.

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 penggunaan *viscocrete* pada beton segar yaitu dapat meningkatkan *workability* dan homogenitas beton,. Sedangkan pada beton keras, *viscocrete* dapat meningkatkan densitas, kuat tekan, dan durabilitas beton serta mengurangi terjadinya susut dan retak, dan juga mengurangi terjadinya karat pada besi.

Efek pemakaian *viscocrete* dapat dilihat dalam **Gambar 2.11**. Dosis batas pemakaian dari *viscocrete* yang nantinya akan digunakan (sesuai anjuran pemakaian) adalah sekitar 0.6%-1.8% (PT. Sika Nusa Pratama, 2004).



Gambar 2. 11 Efek penggunaan *admixture*

2.6 Penelitian Sebelumnya

Daftar penelitian sebelumnya dan hasil-hasil dari penelitian sebelumnya dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

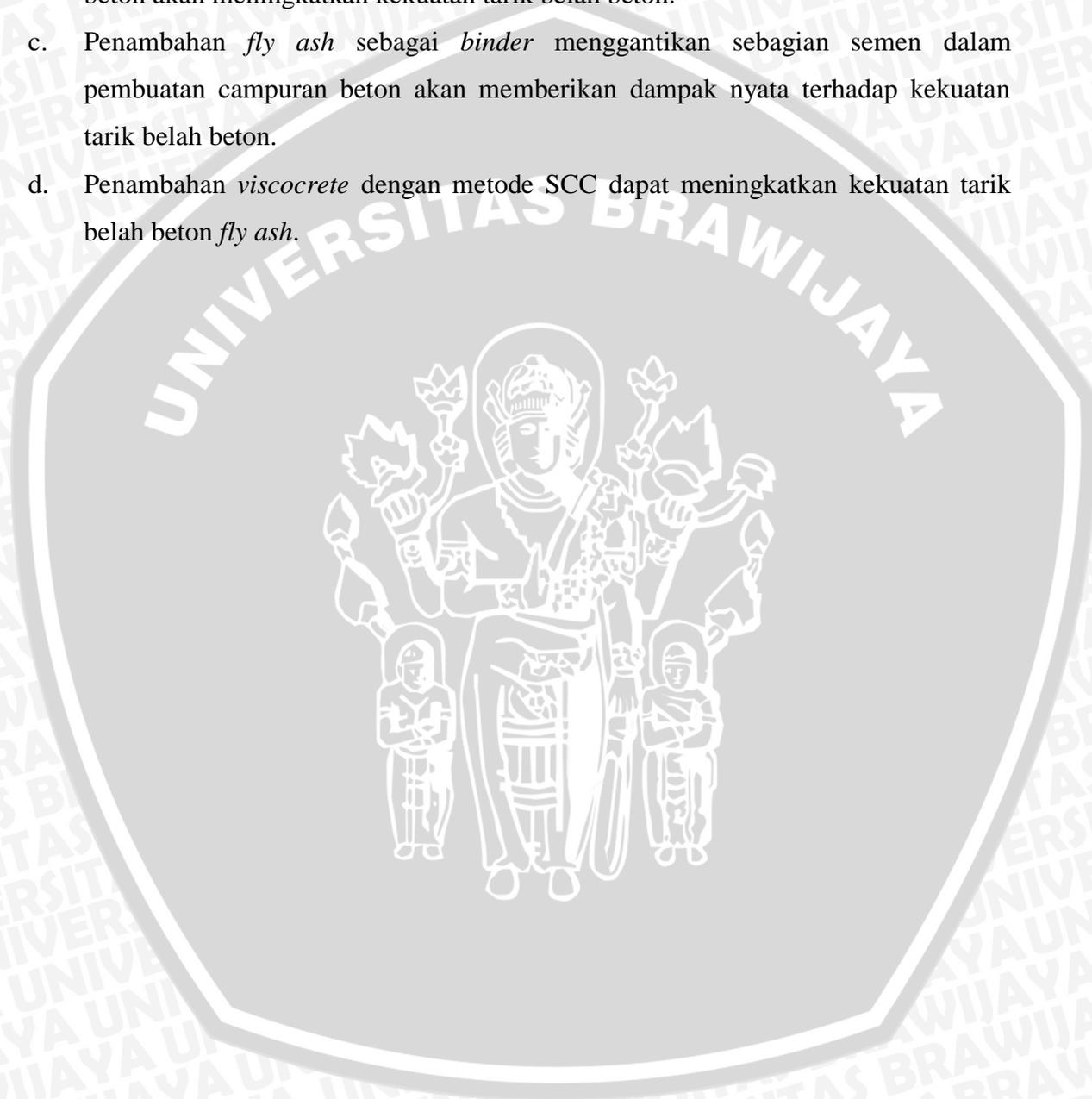
Tabel 2. 5 Daftar penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait

No.	Judul, Nama Peneliti, Tahun	Hasil Penelitian
1	Self Compacting Concrete, Hajime Okamura dan Masahiro Ouchi, 2003	a. Metode yang digunakan untuk mendapatkan sifat <i>self compactibility</i> antara lain : <ul style="list-style-type: none"> • Pembatasan jumlah agregat • Rasio air semen yang rendah • Penggunaan <i>superplasticizer</i> b. Pembatasan jumlah agregat kasar sekitar 50% untuk mengurangi interaksi antar agregat kasar. c. Pembatasan jumlah agregat halus sekitar 60%.
2	Development of High-Strength Self-Compacting Concrete With Reduced Segregation Potential, Dr. R. Sri Ravindrarajah, D. Siladyi, dan B. Adamopoulos, 2003.	Penambahan <i>fly ash</i> diperlukan untuk menghasilkan beton SCC berkekuatan tinggi di umur 28 hari.
3	Properties of Self Compacting Concrete With Different Type og Additive, Zoran Gddic, Iva Despotovic, Gordana Toplicic Curcic, 2008.	a. Penambahan <i>fly ash</i> sebagai bahan aditif cukup bermanfaat dan dapat meningkatkan <i>workability</i> beton. b. Penambahan <i>silica fume</i> yang lebih mahal dibandingkan <i>fly ash</i> menghasilkan sifat yang hampir sama dengan beton konvensional, karena sifat tidak <i>compatibility</i> antara <i>silica fume</i> dan <i>superplasticizer</i> membutuhkan peningkatan rasio air - semen.
4	Penggunaan <i>Fly ash</i> Dan <i>Viscocrete</i> Pada Self Compacting Concrete, Handoko Sugiharto, 2001	a. Batas penggunaan <i>fly ash</i> sampai pada perbandingan <i>binder</i> 5:5. Penggunaan <i>fly ash</i> yang lebih banyak tidak dapat ditentukan komposisi bahan yang tepat karena tinjauan dari segi <i>workability</i> dan <i>flowability</i> . b. Komposisi <i>binder</i> 6:4 dan penggunaan <i>viscocrete</i> 1.5% adalah kondisi yang paling optimal ditinjau dari <i>workability</i> , <i>flow ability</i> , dan kuat tekan beton.

2.7 Hipotesis

Dari hasil penelitian terdahulu kami memiliki beberapa hipotesis, antara lain :

- a. *Fly ash* sebagai *binder* menggantikan sebagian semen akan meningkatkan waktu *setting time binder* beton.
- b. *Fly ash* sebagai *binder* menggantikan sebagian semen dalam pembuatan campuran beton akan meningkatkan kekuatan tarik belah beton.
- c. Penambahan *fly ash* sebagai *binder* menggantikan sebagian semen dalam pembuatan campuran beton akan memberikan dampak nyata terhadap kekuatan tarik belah beton.
- d. Penambahan *viscocrete* dengan metode SCC dapat meningkatkan kekuatan tarik belah beton *fly ash*.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Pembuatan benda uji serta pengujian beton akan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Sementara waktu penelitian dimulai pada bulan Mei 2010 hingga pertengahan Juli 2010.

3.2 Bahan-Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah :

- Semen Gresik *Pozzolan Portland Cement (PPC)* produksi PT.Semen Gresik.
- Agregat halus/pasir
- Agregat kasar/kerikil.
- Air dari PDAM yang tersedia di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
- Abu Terbang (*fly ash*) dari PLTU. Paiton yang dijual di pasaran.
- *Chemical admixture* berupa *viscocrete 10* produksi PT. Sika Nusa Pratama.

3.3 Peralatan Penelitian

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- Timbangan.
- Satu set ayakan dengan *motorized dynamic shieve shaker* merek *Forney*
- Ember untuk mengaduk campuran.
- Alat uji slump
- Alat uji *V-funnel*
- Cetakan silinder ukuran diameter 8 cm dan tinggi 16 cm.
- Tongkat penumbuk untuk pemadatan.
- Alat uji kuat tarik belah.
- Alat pembaca beban digital.
- Alat uji *setting time* (Vicat)
- Mangkuk pengaduk
- Penggaris.

- Sendok semen (cetok).
- Sendok pengaduk.
- Plat untuk pengujian kuat tarik belah.

3.4 Jumlah Dan Perlakuan Benda Uji

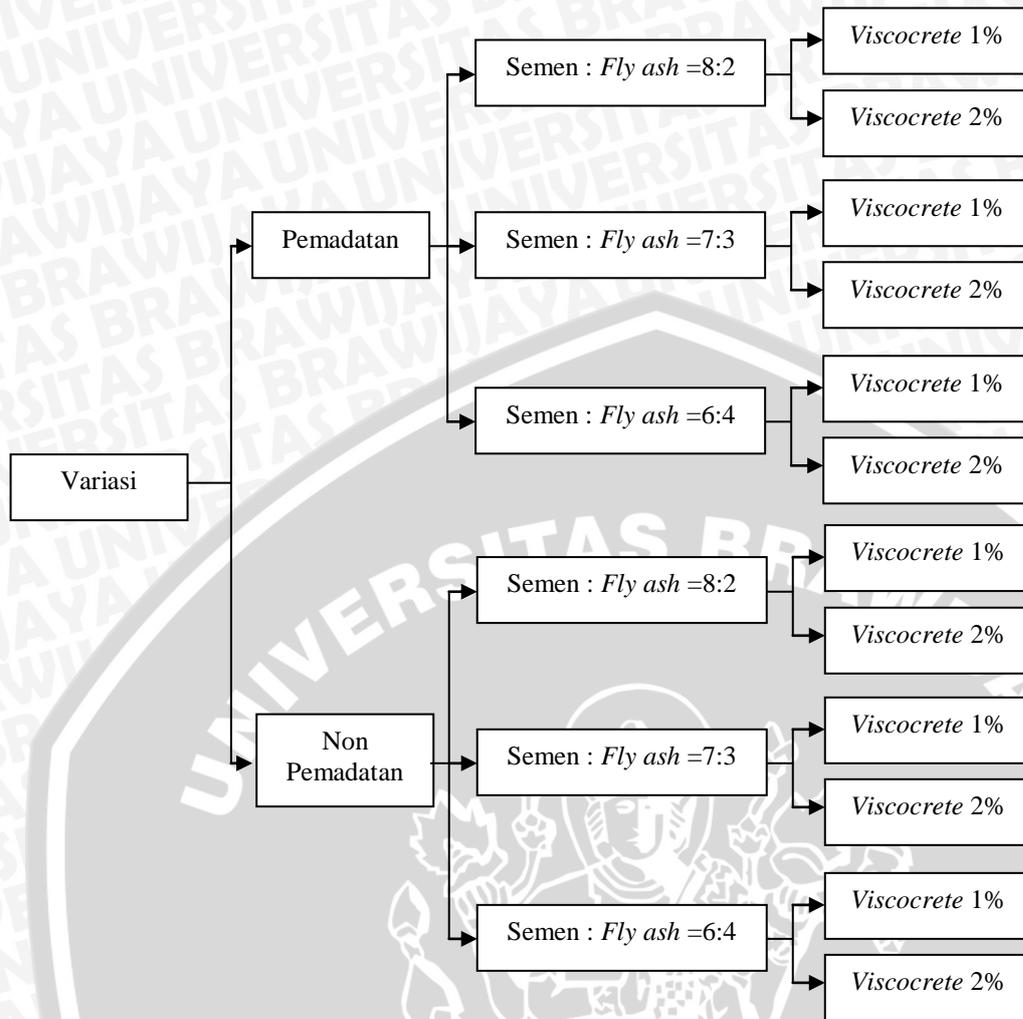
Dibuat benda uji beton *fly ash* menggunakan metode SCC dimana ditetapkan komposisi agregat halus dengan agregat kasar adalah 60%:40%. Penetapan perbandingan ini berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang terkait. *Binder* merupakan campuran antara *fly ash* dengan semen dengan komposisi yang ditetapkan. Dalam penelitian ini perbandingan antara semen dan *fly ash* dibuat bervariasi yaitu 6:4, 7:3 dan 8:2. Variasi komposisi ditujukan untuk menentukan kadar optimum dari beton *fly ash*. Komposisi per benda uji ditampilkan pada **Tabel 3.1**.

Selain variasi komposisi semen dan *fly ash* juga dilakukan variasi pemberian *viscocrete*, yaitu 1% dan 2%. Kemudian juga dilakukan variasi perlakuan yaitu dengan metode konvensional (dengan pemadatan) dan tanpa pemadatan. Macam variasi ditampilkan pada **Gambar 3.1**.

Untuk tiap variasi dibuat sampel sebanyak 6 (lima) sampel. Sehingga total akan didapatkan 72 benda uji. Perawatan yang dilakukan dengan perendaman dalam air. Benda uji tersebut akan diuji kuat tarik belah pada umur 14 dan 28 hari. Dari hasil uji kuat tarik belah akan ditentukan kadar optimum dari beton *fly ash* dengan metode SCC tersebut.

Tabel 3. 1 Komposisi per benda uji

Per Benda Uji			
Agregat		<i>Binder</i>	
40%	60%	Semen	a. 8:2
Agregat	Agregat	:	b. 7:3
Kasar	Halus	<i>Fly ash</i>	c. 6:4
<i>Viscocrete</i> 1% dan 2%			



Gambar 3.1 Variasi benda uji

3.5 Variabel Penelitian

Adapun variabel – variabel yang dipakai dalam penelitian :

a. Variabel Bebas

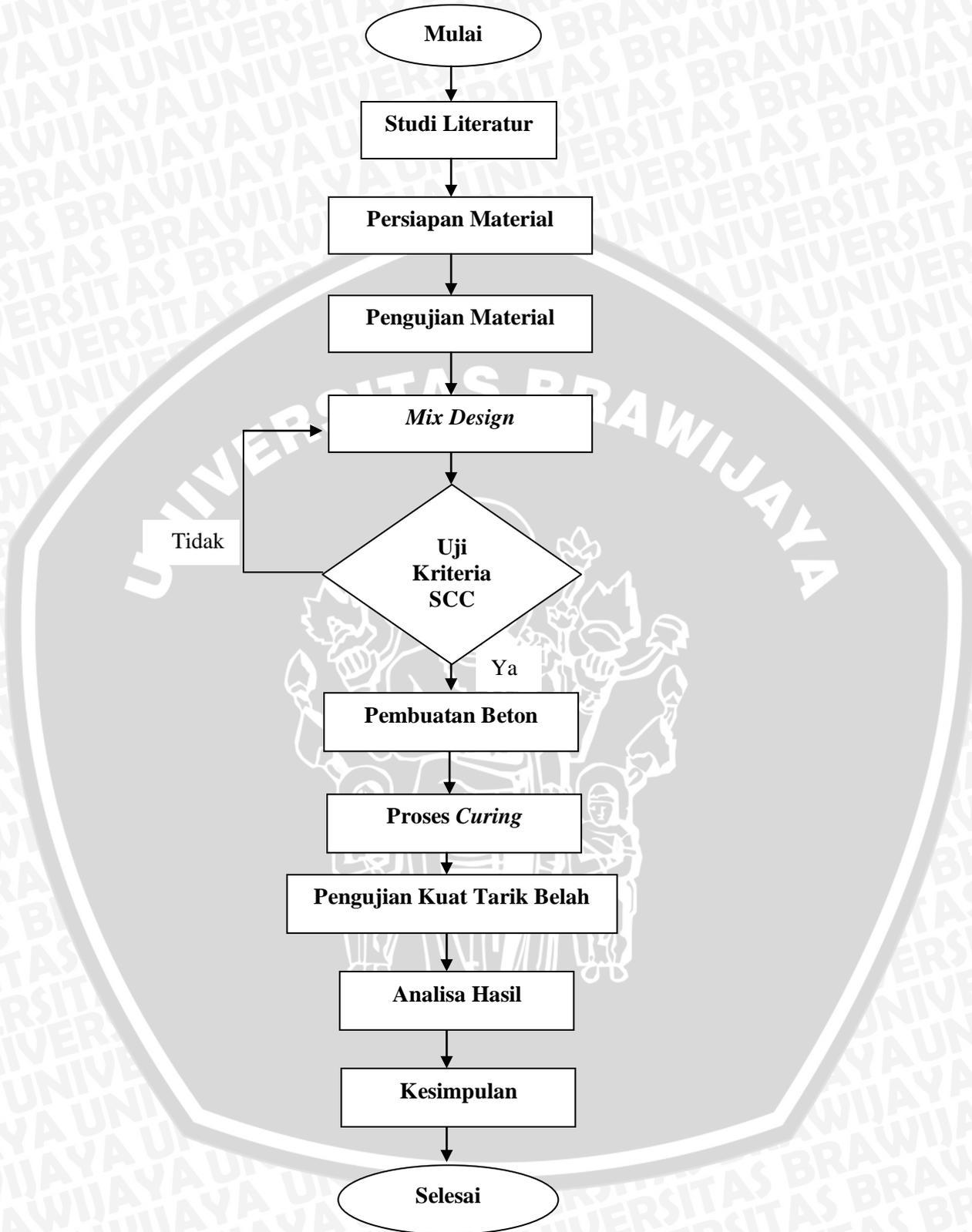
Variabel bebas adalah variabel yang perubahannya bebas ditentukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini variabel bebas adalah komposisi semen : *fly ash* dalam *binder*, persen penambahan *viscocrete*, dan perlakuan pemadatan atau tanpa pemadatan.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel bebas adalah kekuatan tarik belah beton dan *setting time binder* beton *fly ash*.

3.6 Flowchart Penelitian

Adapun *flowchart* penelitian yang dilakukan ditampilkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 2 Flowchart penelitian

3.7 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan :

- a. Analisa agregat halus dan agregat kasar meliputi analisa gradasi agregat, analisa kadar air, analisa berat jenis dalam keadaan SSD, analisa berat isi dan penyerapan agregat.
- b. Rancangan campuran komposisi spesi dibuat berdasarkan rencana penelitian yang sudah di paparkan pada **Tabel 3.1**. Dimana benda uji yang akan dibuat berbentuk silinder dengan ukuran 80 mm x 160 mm, masing – masing enam buah benda uji untuk masing – masing *mix design* dimana tiga benda uji akan diuji pada umur 14 hari dan sisanya pada umur 28 hari.
- c. Membuat rencana *mix design* untuk beton SCC dan sesuai komposisi campuran untuk beton yang sudah direncanakan berdasarkan pada SNI 03-2834-2000.
- d. Cetakan yang digunakan untuk membuat benda uji adalah cetakan besi.
- e. Untuk mengetahui campuran beton tersebut sudah memenuhi persyaratan SCC atau belum, maka dilakukan pengujian *slump cone* dan *V-funnel* terlebih dahulu. Jika belum memenuhi persyaratan SCC hendaknya dilakukan *mix design* lagi. Pengujian dengan L-shaped box tidak digunakan karena tidak adanya alat.
- f. Pencetakan beton dilakukan dengan dua cara yaitu dengan metode konvensional dengan melakukan pemadatan serta dengan metode SCC, dimana pasta beton di tuangkan dalam cetakan tanpa ada tumbukan. Kemudian diratakan permukaannya.
- g. Perawatan (*curing*) beton *fly ash* dengan merendam dalam air.
- h. Uji kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 14 dan 28 hari.

3.8 Analisa Material

3.8.1 Pemeriksaan gradasi agregat halus

1. Bahan :

Pasir alam atau batuan dari sungai atau gunung dengan berat 1000 gram seperti pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Agregat halus

2. Peralatan :

Peralatan yang digunakan pada pemeriksaan gradasi agregat halus adalah sebagai berikut:

- Timbangan dan neraca dengan ketelitian 2% terhadap benda uji
- Satu set saringan : 4,75 mm (no 4); 2,36 mm (no 8); 1,18 mm (no 16); 0,6 mm (no 30); 0,3 mm (no 50); 0,15 mm (no 100); 0,075 mm (no 200) dan pan
- Oven pengatur kapasitas suhu (110 ± 5) °C
- Mesin pengguncang saringan
- Talam-talam dan kuas

3. Pelaksanaan :

- a. Menimbang bahan seberat 1000 gram, lalu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam sampai berat tetap.
- b. Mengeluarkan bahan dari oven lalu didinginkan dan menggunakan alat pemisah untuk memperoleh benda uji yang acak.
- c. Bahan diayak dengan susunan ayakan no. 4, no. 8, no. 16, no. 30, no. 50, no. 100, no. 200 dan pan.
- d. Bahan yang tertinggal di atas masing-masing ayakan ditimbang.
- e. Setelah bahan-bahan yang tertinggal di masing-masing ayakan ditimbang, hasilnya dicatat dalam tabel pemeriksaan agregat halus yang sudah disiapkan. Setelah itu dilanjutkan dengan perhitungan presentase jumlah agregat halus yang tertahan, dan presentase agregat halus yang lolos ayakan, digunakan persamaan (3.1) :

$$\% \text{ jumlah agregat} = \frac{\sum \text{ sisa ayakan (gram)}}{\sum \text{ total ayakan (gram)}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Untuk jumlah ayakan total, yakni jumlah total dikurangi dengan banyaknya agregat halus yang ada di pan.

- f. Dari hasil perhitungan, selanjutnya ditentukan batas gradasi agregat halus dengan menggunakan grafik daerah gradasi. Data yang dimasukkan dalam grafik meliputi ukuran mata ayakan sebagai sumbu x dan % yang lewat ayakan (lolos ayakan) sebagai sumbu y.

3.8.2 Pemeriksaan gradasi agregat kasar

1. Bahan :

Batu pecah dari sungai atau gunung dengan berat 5000 gram ditampilkan pada

Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Agregat kasar

2. Peralatan :

Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan gradasi agregat kasar adalah sebagai berikut:

- Timbangan dan neraca dengan ketelitian 2% terhadap benda uji.
- Satu set saringan: 76,2 mm (3"), 63,5 mm (2,5"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1,5"), 25,4 mm (1"), 19,1 mm (3/4"), 12,7 mm (1/2"), 9,5 mm (3/8"), 4,76 mm (no. 4), dan pan.
- Oven pengatur kapasitas suhu (110 ± 5) °C
- Mesin pengguncang saringan.
- Talam-talam dan kuas.

3. Pelaksanaan

- a. Menimbang bahan seberat 5000 gram, lalu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam sampai berat tetap.
- b. Mengeluarkan bahan dari oven lalu didinginkan dan menggunakan alat pemisah untuk memperoleh benda uji yang acak.
- c. Bahan diayak dengan susunan 76,2 mm (3"), 63,5 mm (2,5"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1,5"), 25,4 mm (1"), 19,1 mm (3/4"), 12,7 mm (1/2"), 9,5 mm (3/8"), 4,76 mm (no. 4), dan Pan.
- d. Bahan yang tinggal diatas masing-masing ayakan ditimbang.
- e. Setelah bahan-bahan yang tertinggal di masing-masing ayakan ditimbang, hasilnya dicatat dalam tabel pemeriksaan agregat kasar yang sudah disiapkan. Setelah itu dilanjutkan dengan perhitungan presentase jumlah agregat kasar yang tertahan, dan presentase agregat kasar yang lolos ayakan, digunakan rumus (3.2).

$$\% \text{ jumlah agregat} = \frac{\sum \text{ sisa ayakan (gram)}}{\sum \text{ total ayakan (gram)}} \times 100\% \quad (3.2)$$

untuk jumlah ayakan total, yakni jumlah total dikurangi dengan banyaknya agregat kasar yang ada di pan.

- f. Dari hasil perhitungan, selanjutnya ditentukan batas gradasi agregat kasar dengan menggunakan grafik daerah gradasi. Data yang dimasukkan dalam grafik meliputi ukuran mata ayakan sebagai sumbu x, dan % yang lewat ayakan (lolos ayakan) sebagai sumbu y.

3.8.3 Pemeriksaan kadar air agregat

1. Bahan :

Agregat yang diuji hendaknya mempunyai dimensi antara 6,3 mm sampai 152,4 mm.

2. Peralatan :

- Timbangan dengan ketelitian 0,1% berat benda uji.
- Oven pengatur suhu kapasitas $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- Talam logam anti karat.

3. Pelaksanaan :

- a. Menimbang dan mencatat berat talam.
- b. Menghitung berat benda uji (talam+contoh basah).
- c. Mengeringkan benda uji (bahan+talam) ke dalam oven dengan suhu $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama (24 ± 4) jam.
- d. Setelah kering benda uji (bahan+talam) ditimbang.
- e. Kemudian dihitung berat air, berat contoh kering, dan kadar air.

3.8.4 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

1. Bahan :

- Pasir alam atau buatan dari sungai atau gunung seberat 500 gram
- Pasir lolos oleh saringan no. 4 (4,75 mm)

2. Peralatan :

- Timbangan yang mempunyai kapasitas lebih dari 1 kg dengan ketelitian 0,1 gram
- Piknometer kapasitas 500 ml

- Kerucut terpancung diameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam dengan tebal 0,8 mm.
- Batang penumbuk dengan bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram dan diameter (25 ± 3) mm
- Saringan no. 4 (4,475 mm)
- Oven pengatur suhu kapasitas (110 ± 5) °C
- Desikator

3. Pelaksanaan :

- a. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu (110 ± 5) °C sampai beratnya tetap. Kemudian mendinginkan pada suhu ruang lalu rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- b. Membuang air perendam lalu tebarkan agregat di atas talam, keringkan di udara dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh (SSD).
- c. Periksa SSD dengan mengisi benda uji ke dalam kerucut terpancung, kemudian memadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali lalu angkat kerucut. Keadaan SSD tercapai bila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- d. Setelah SSD lalu memasukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, memasukkan air suling sampai 90% isi piknometer kemudian diputar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.
- e. Merendam piknometer dalam air dan mengukur suhu air untuk penyesuaian hitungan pada suhu standar 25°C.
- f. Menambahkan air sampai mencapai tanda batas.
- g. Menimbang piknometer berisi air dan benda uji
- h. Mengeluarkan benda uji, kemudian mengeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap, lalu dinginkan dengan benda uji dalam desikator setelah dingin lalu ditimbang (Bk).
- i. Menentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

3.8.5 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

1. Bahan :

- Kerikil alam atau buatan dari sungai atau gunung seberat 5 kg

- Kerikil tertahan oleh saringan no. 4 (4,75 mm)
2. Peralatan :
- Keranjang kawat ukuran 3,35 mm (no. 6) atau 2,36 mm (no. 8) dengan kapasitas ± 5 kg
 - Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap
 - Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang
 - Oven pengatur suhu kapasitas $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
 - Alat pemisah contoh
 - Saringan no. 4 (4,75 mm)
3. Pelaksanaan :
- a. Mencuci benda uji untuk menghilangkan debu
 - b. Merendam benda uji pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam
 - c. Mengeluarkan benda uji dari air, kemudian mengelap dengan kain penyerap
 - d. Menimbang benda uji kering permukaan jenuh (B_j) seberat 5000 gram
 - e. Meletakkan benda uji di dalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara dan tentukan beratnya di dalam air (B_a), ukur suhu air sesuai suhu standar ($25 ^\circ\text{C}$)
 - f. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu oven $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
 - g. Mendinginkan pada suhu kamar selama (1-3) jam, lalu ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram (B_k)

3.9 Uji Parameter Fisik

Pengujian parameter fisik yang dilakukan adalah pengujian *setting time* beton *fly ash*. Alat yang digunakan adalah vicat, seperti dapat dilihat pada **Gambar 3.5**. Waktu ikat awal merupakan waktu yang diperlukan oleh pasta semen untuk mengubah sifatnya dari kondisi cair menjadi padat. Sedangkan waktu ikat akhir merupakan waktu dimana penetrasi jarum vicat tidak terlihat secara visual. Waktu ikat awal ditentukan dari grafik penetrasi waktu, yaitu waktu dimana penetrasi jarum vicat mencapai nilai 25 mm. Waktu ikat akhir merupakan waktu dimana penetrasi jarum bernilai 0 mm. Langkah –

langkah pengujian *setting time* dengan menggunakan vicat sesuai dengan SK SNI M-113-1990-03.



Gambar 3.5 Alat Vicat

Pengujian waktu ikat awal dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

- a. Tentukan dan siapkan volume air suling yang diperlukan untuk mencapai konsistensi normal sesuai dengan cara yang berlaku.
- b. Tuangkan air suling ke dalam mangkuk pengaduk, kemudian tuangkan perlahan-lahan 300 gram benda uji ke mangkuk pengaduk dan biarkan selama 30 detik.
- c. Aduklah campuran tersebut selama 30 detik dengan kecepatan pengadukan 5 putaran per menit.
- d. Pengadukan dihentikan selama 15 detik.
- e. Aduk kembali pasta semen selama 60 detik dengan kecepatan pengadukan 10 putaran per menit.
- f. Buatlah pasta semen berbentuk bola dengan tangan, kemudian melalui lubang dasar masukkan pasta semen hingga terisi penuh dan ratakan permukaannya.
- g. Letakkan termometer beton di atas benda uji dan simpan di dalam lemari lembab selama 30 menit.
- h. Catatlah suhu udara dengan termometer, dan suhu benda uji dengan termometer beton.
- i. Letakkan benda uji pada alat vicat, sentuhkan ujung jarum vicat pada tengah-tengah permukaan benda uji dan kencangkan posisi jarum vicat, letakkan pembacaan skala pada nol dan segera lepaskan jarum vicat.
- j. Catatlah besarnya penetrasi jarum vicat pada benda uji setelah 30 detik.
- k. Ulangi setiap 15 menit dengan titik lain di permukaan dengan jarak antara titik-titik pengujian 6,5 mm dan letaknya minimum 9,5 mm dari tepi benda uji.

3.10 Uji Kriteria SCC

Pengujian beton segar yang digunakan untuk menguji apakah beton segar tersebut memenuhi kriteria SCC adalah:

a. Slump Cone test

Untuk pengukuran waktu pada pengujian *workability*, *slump cone* diangkat perlahan-lahan sehingga aliran beton secara perlahan mulai turun mengalir. Aliran beton harus mengalir secara bersambung tidak boleh terputus. *Stopwatch* dijalankan pada saat beton tersebut mulai mengalir tanpa terputus dan dihentikan sampai *slump flow* dari beton tersebut mencapai diameter 50 cm (SF_{50}). Setelah aliran beton berhenti mengalir, dilakukan pengukuran untuk diameter dari aliran beton yang paling maksimum (Sf_{max}).

b. V-funnel test

Pada pengoperasiannya *V-funnel* relatif mudah untuk dilakukan di lapangan karena tidak membutuhkan keahlian yang khusus dalam pelaksanaannya. Campuran beton dimasukkan ke dalam *V-funnel*. *Stopwatch* dijalankan ketika lubang bagian bawah *V-funnel* dibuka. Setelah seluruh campuran dalam keluar dari *V-funnel*, *stopwatch* dimatikan dan waktu dicatat.

3.11 Uji Parameter Mekanik

Pengujian parameter mekanik yang dilakukan adalah pengujian kuat tarik belah beton. Langkah-langkah pengujian kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut:

- Sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, nilai slump, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian.
- Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan meletakkan benda uji mendatar di atas mesin dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter di sepanjang benda uji.
- Lapisilah permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.
- Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing-masing benda uji.
- Tegangan tarik horizontal besarnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Benda uji berupa *binder*, beton segar dan beton keras yang telah direncanakan melalui mix design akan diuji *setting time*, *fillingability* dan kekuatan tarik belahnya. Bab ini menjelaskan hasil dan pembahasan hasil pengujian yang dilakukan.

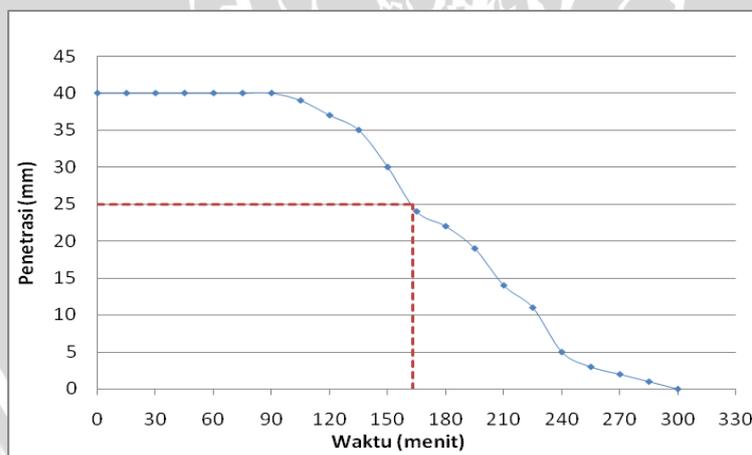
4.1 Uji *Setting time*

Pengujian dilakukan menggunakan alat vicat untuk mendapatkan nilai *initial setting time* dan *final setting time*. *Initial setting time* ditentukan dari grafik penetrasi waktu, yaitu waktu dimana penetrasi jarum vicat mencapai nilai 25 mm. *Final setting time* merupakan waktu dimana penetrasi jarum bernilai 0 mm.

4.1.1 Pengujian *setting time binder* beton tanpa penambahan *viscocrete*

a. Untuk komposisi semen : *fly ash* = 8:2

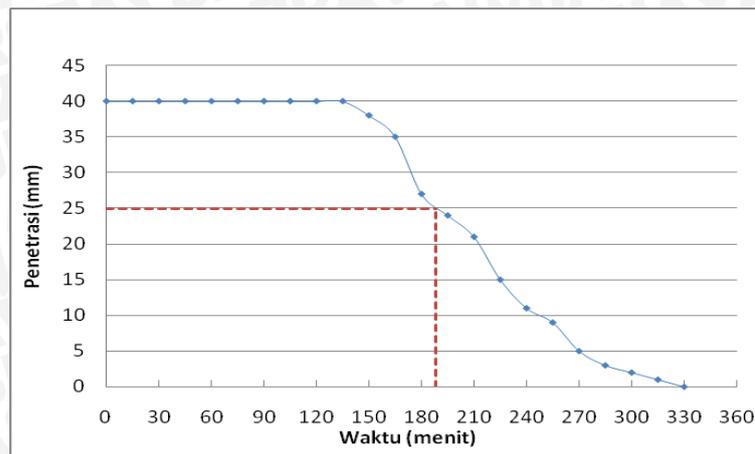
Data hasil pengujian *setting time* untuk komposisi semen : *fly ash* = 8:2 tanpa penambahan *viscocrete* ditampilkan pada **Gambar 4.1**. Didapatkan *initial setting timenya*, yaitu 163 menit. Sementara *final setting time* 300 menit.



Gambar 4. 1 *Setting time* semen : *fly ash* = 8:2 *viscocrete* 0%

b. Untuk komposisi semen : *fly ash* = 7:3

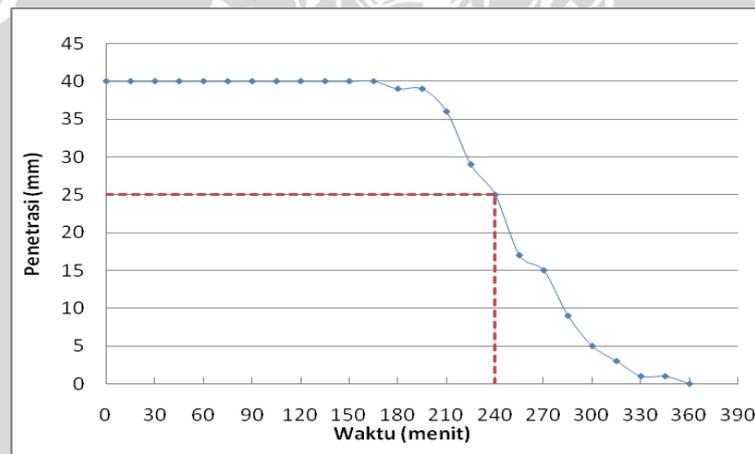
Data hasil pengujian *setting time* untuk komposisi semen : *fly ash* = 7:3 tanpa penambahan *viscocrete* ditampilkan pada **Gambar 4.2**. Didapatkan *initial setting timenya*, yaitu 188 menit. Sementara *final setting time* 330 menit.



Gambar 4. 2 Setting time semen : fly ash = 7:3 viscocrete 0%

c. Untuk komposisi semen : fly ash = 6:4

Data hasil pengujian *setting time* untuk komposisi semen : fly ash = 6:4 tanpa penambahan viscocrete ditampilkan pada **Gambar 4.3**. Didapatkan *initial setting timenya*, yaitu 240 menit. Sementara *final setting time* 360 menit.

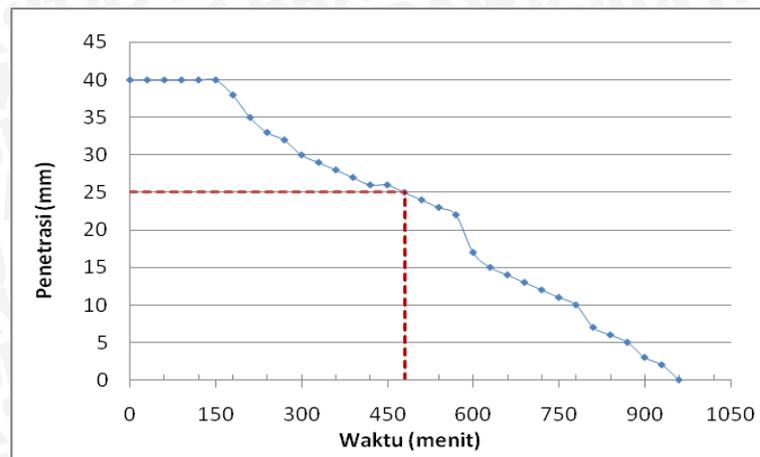


Gambar 4. 3 Setting time semen : fly ash = 6:4 viscocrete 0%

4.1.2 Pengujian setting time binder beton dengan penambahan 1% viscocrete

a. Untuk komposisi semen : fly ash = 8:2

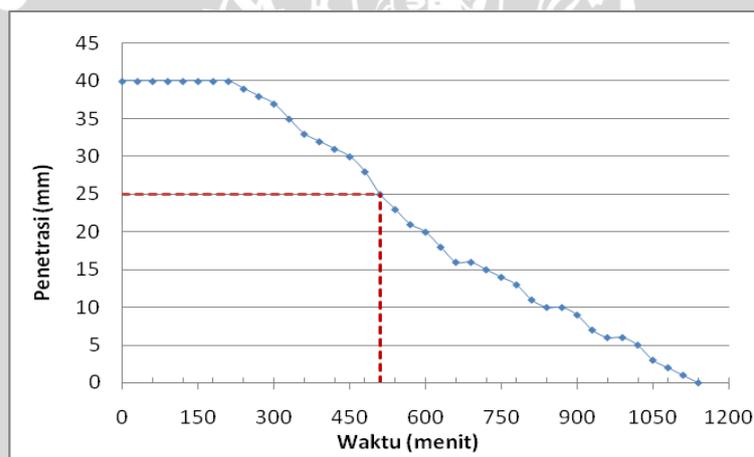
Data hasil pengujian *setting time* untuk komposisi semen : fly ash = 8:2 dengan penambahan 1% viscocrete ditampilkan pada **Gambar 4.4**. Didapatkan *initial setting timenya*, yaitu 480 menit. Sementara *final setting time* 960 menit.



Gambar 4.4 Setting time semen : fly ash = 8:2 viscocrete 1%

b. Untuk komposisi semen : fly ash = 7:3

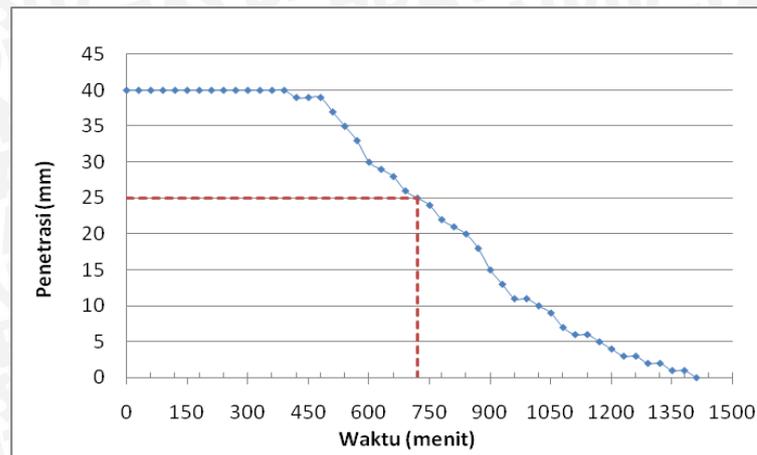
Data hasil pengujian *setting time* untuk komposisi semen : fly ash = 7:3 dengan penambahan 1% viscocrete ditampilkan pada **Gambar 4.5**. Didapatkan *initial setting timenya*, yaitu 510 menit. Sementara *final setting time* 1140 menit.



Gambar 4.5 Setting time semen : fly ash = 7:3 viscocrete 1%

c. Untuk komposisi semen : fly ash = 6:4

Data hasil pengujian *setting time* untuk komposisi semen : fly ash = 6:4 dengan penambahan 1% viscocrete ditampilkan pada **Gambar 4.6**. Didapatkan *initial setting timenya*, yaitu 720 menit. Sementara *final setting time* 1410 menit.

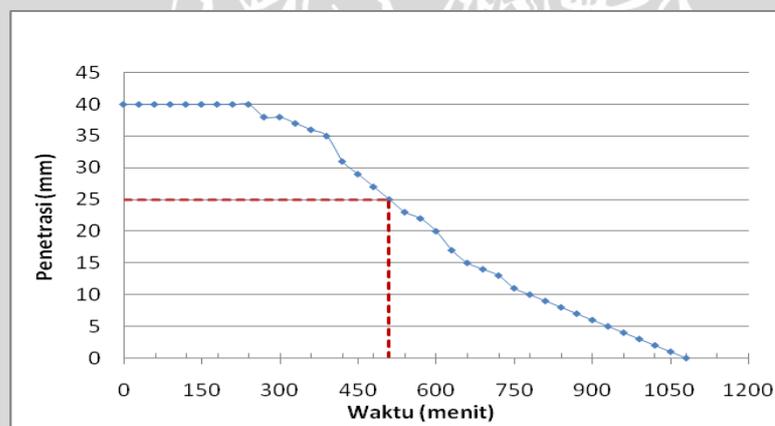


Gambar 4.6 *Setting time* semen : fly ash = 6:4 viscocrete 1%

4.1.3 Pengujian *setting time binder* beton dengan penambahan 2% viscocrete

a. Untuk komposisi semen : fly ash = 8:2

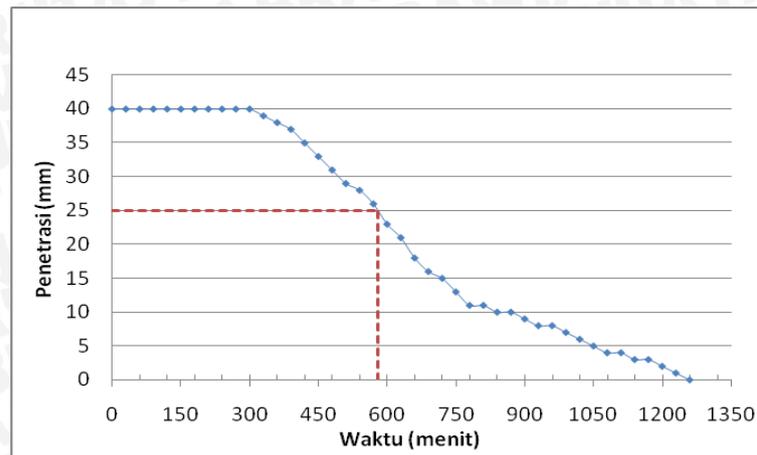
Data hasil pengujian *setting time* untuk komposisi semen : fly ash = 8:2 dengan penambahan 2% viscocrete ditampilkan pada **Gambar 4.7**. Didapatkan *initial setting timenya*, yaitu 510 menit. Sementara *final setting time* 1080 menit.



Gambar 4.7 *Setting time* semen : fly ash = 8:2 viscocrete 2%

b. Untuk komposisi semen : fly ash = 7:3

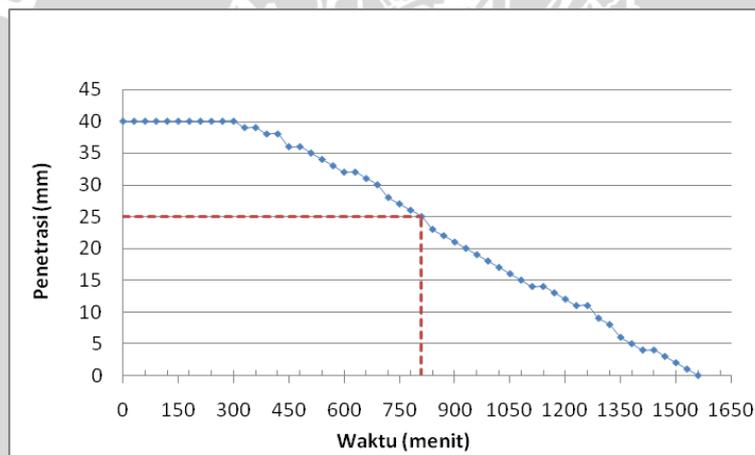
Data hasil pengujian *setting time* untuk komposisi semen : fly ash = 7:3 dengan penambahan 2% viscocrete ditampilkan pada **Gambar 4.8**. Didapatkan *initial setting timenya*, yaitu 580 menit. Sementara *final setting time* 1260 menit.



Gambar 4.8 Setting time semen : fly ash = 7:3 viscocrete 2%

c. Untuk komposisi semen : fly ash = 6:4

Data hasil pengujian *setting time* untuk komposisi semen : fly ash = 6:4 dengan penambahan 1% viscocrete ditampilkan pada **Gambar 4.9**. Didapatkan *initial setting timenya*, yaitu 810 menit. Sementara *final setting time* 1560 menit.



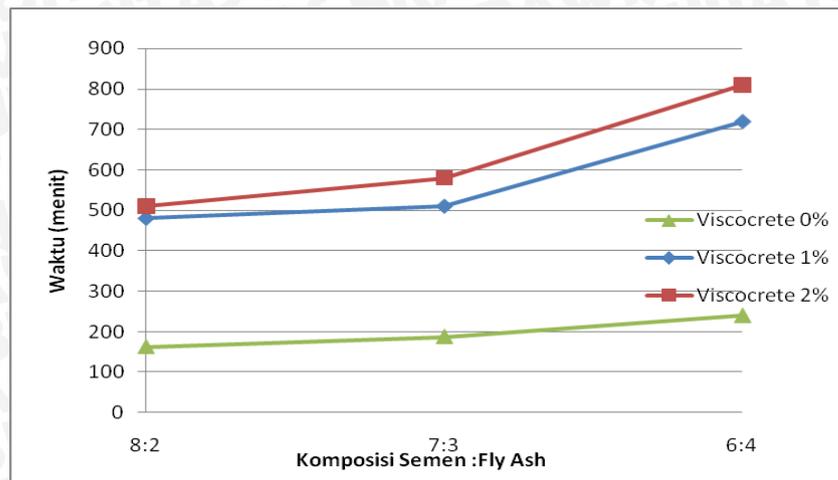
Gambar 4.9 Setting time semen : fly ash = 6:4 viscocrete 2%

4.1.4 Perbandingan setting time

Perbandingan *setting time* baik *initial setting time* maupun *final setting time* digunakan untuk mengetahui pengaruh komposisi semen dan semen, serta pengaruh penambahan viscocrete pada binder terhadap *setting time binder*. Adapun perbandingan yang dilakukan :

a. Perbandingan initial setting time

Perbandingan ini menggunakan variabel bebas berupa komposisi semen dan fly ash serta persentase penambahan viscocrete pada binder beton. Variabel terikat yang ingin ditinjau adalah *initial setting time binder*.

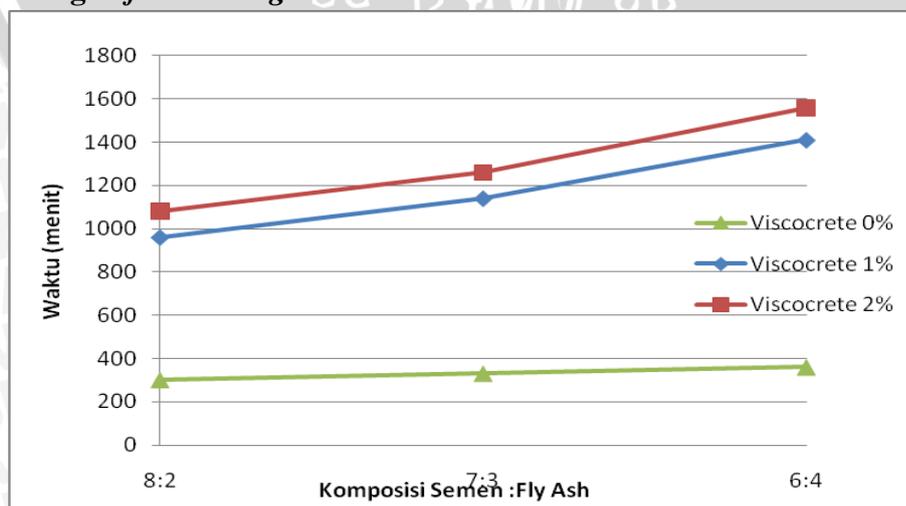


Gambar 4. 10 Hubungan komposisi semen : *fly ash* terhadap *initial setting time*

Dari **Gambar 4.10** diketahui bahwa semakin sedikitnya semen atau semakin banyaknya *fly ash* akan meningkatkan waktu pengikatan awal *binder*. Hal ini berlaku untuk *binder* tanpa maupun dengan penambahan *viscocrete*. Pengikatan oleh *fly ash* tidak sebaik pengikatan oleh semen sehingga dengan pengurangan jumlah semen, daya ikat semakin berkurang yang berdampak pada peningkatan waktu ikat awal *binder*.

Kegunaan *viscocrete* untuk memperlambat waktu *setting time* juga dapat disimpulkan dari grafik 4.10 tersebut. Pengikatan awal *binder* yang tidak ditambahkan *viscocrete* berkisar antara 163 hingga 240 menit. Pengikatan awal untuk *binder* yang ditambahkan 1% *viscocrete* meningkat menjadi 480 hingga 720 menit. Bahkan penambahan *viscocrete* hingga 2% dapat meningkatkan waktu pengikatan awal menjadi 510 hingga 810 menit.

b. Perbandingan *final setting time*



Gambar 4. 11 Hubungan komposisi semen : *fly ash* terhadap *final setting time*.

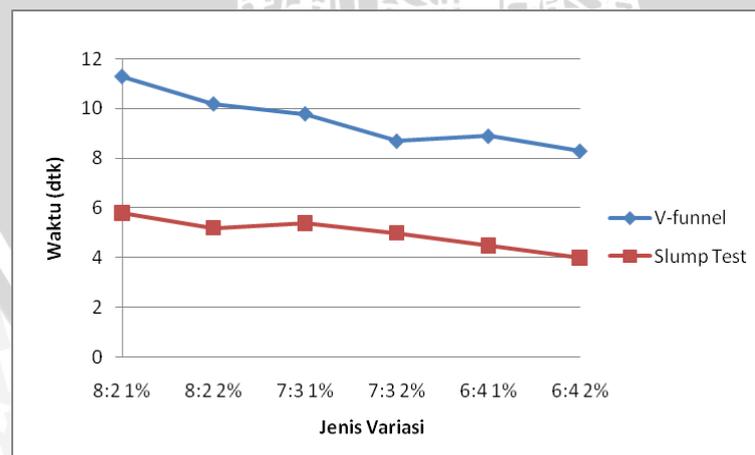
Dari **Gambar 4.11** disimpulkan bahwa terjadi peningkatan waktu ikat akhir *binder* ketika dilakukan pengurangan semen dan penambahan *fly ash* dalam *binder* hingga pada perbandingan semen : *fly ash* = 6:4 pengikatan akhir terjadi setelah 360 menit (penambahan 0% *viscocrete*), 1410 menit (penambahan 1% *viscocrete*), dan 1560 menit (penambahan 2% *viscocrete*).

Penambahan *viscocrete* ke dalam *binder* juga meningkatkan waktu pengikatan akhir untuk semua komposisi semen dan *fly ash*. Waktu pengikatan akhir tertinggi yaitu 1560 menit terjadi pada *binder* dengan komposisi semen : *fly ash* 6:4 dengan penambahan 2% *viscocrete*.

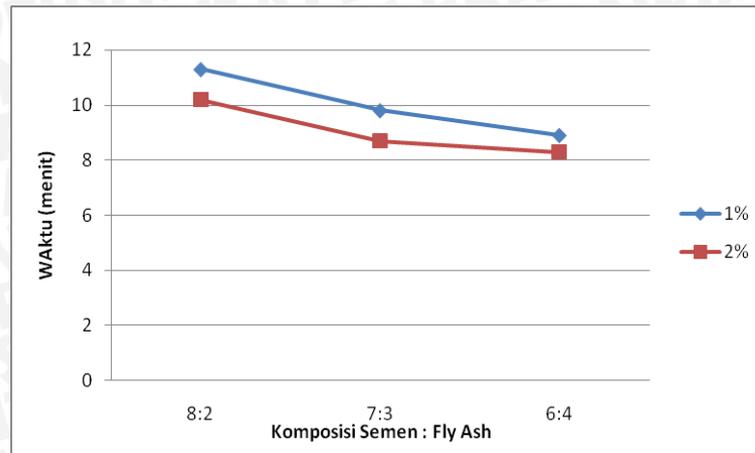
4.2 Uji Kriteria SCC

Pengujian yang dilakukan hanya pengujian *filling ability* dengan menggunakan uji *V-funnel* dan uji slump. Hasil pengujian dapat dilihat di **Tabel 4.20**.

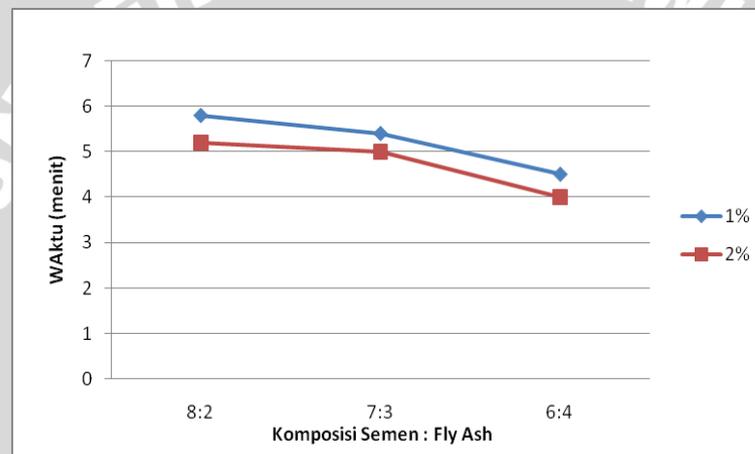
Hasil pengujian *filling ability* uji *V-funnel* di **Lampiran** berkisar antara 8.3 hingga 11.3 menit, dimana kriteria campuran SCC berkisar antara 8 hingga 12 menit sehingga campuran beton yang dibuat secara keseluruhan telah memenuhi kriteria SCC. Sementara kriteria campuran SCC untuk uji slump adalah campuran mencapai diameter 50 cm dalam waktu 3 hingga 6 detik. Hasil pengujian slump yang dilakukan berkisar 4 hingga 5.8 menit sehingga memenuhi kriteria SCC.



Gambar 4.12 Hasil pengujian kriteria SCC



Gambar 4. 13 Hubungan komposisi semen : *fly ash* terhadap hasil uji V-funnel



Gambar 4. 14 Hubungan komposisi semen : *fly ash* terhadap hasil uji slump

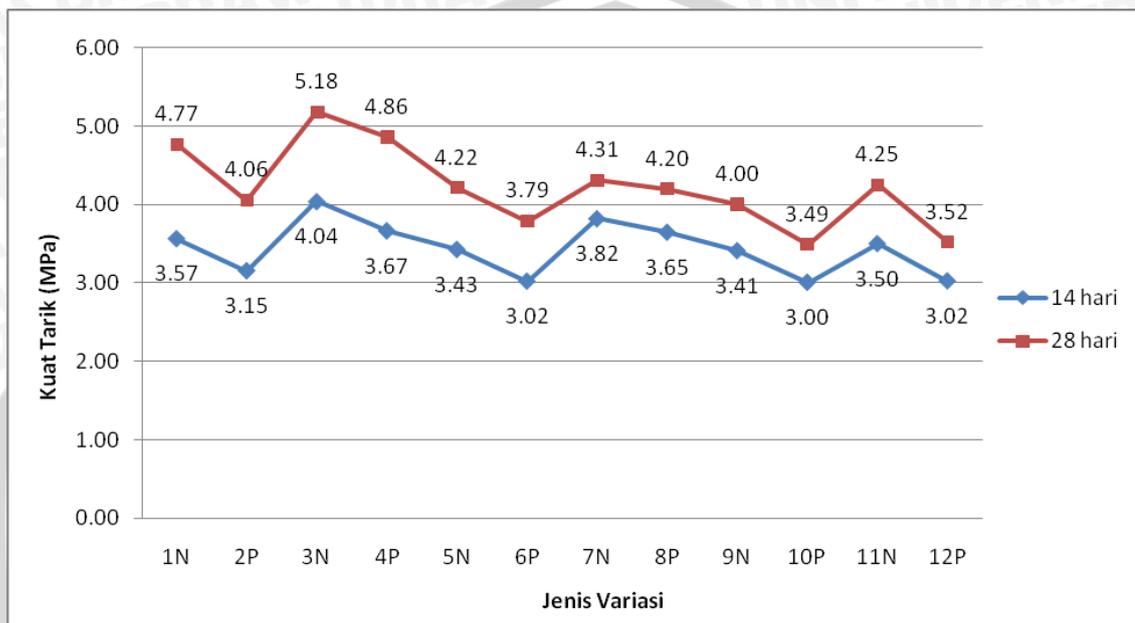
Dari **Gambar 4.12**, **Gambar 4.13** dan **Gambar 4.14** dapat disimpulkan bahwa pengurangan jumlah semen dan peningkatan jumlah *fly ash* akan meningkatkan *filling ability* campuran karena campuran menjadi semakin encer. Semakin besar persentase penambahan *viscocrete* pada campuran akan meningkatkan *filling ability* campuran tersebut. Campuran yang memiliki *filling ability* paling baik adalah campuran dengan komposisi semen : *fly ash* = 6:4 dengan penambahan 2% *viscocrete*.

4.3 Uji Kuat Tarik Belah Beton

4.3.1 Hasil pengujian kuat tarik belah beton

Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada umur 14 dan 28 hari. Jumlah benda uji masing-masing 3 buah. Hasil pengujian ditampilkan pada **Lampiran**. Hasil gabungan hasil pengujian umur 14 dan 28 hari ditampilkan pada **Gambar 4.15**.

Dari **Gambar 4.15** diketahui bahwa kuat tarik belah tertinggi pada umur 14 hari pada komposisi semen : *fly ash* = 8:2 dan penambahan *viscocrete* 2% yaitu sebesar 4,04 MPa. Pada pengujian umur 28 hari di **Gambar 4.15** kuat tarik belah tertinggi sebesar 5,18 MPa pada komposisi semen : *fly ash* = 8:2 dan penambahan *viscocrete* 2%.



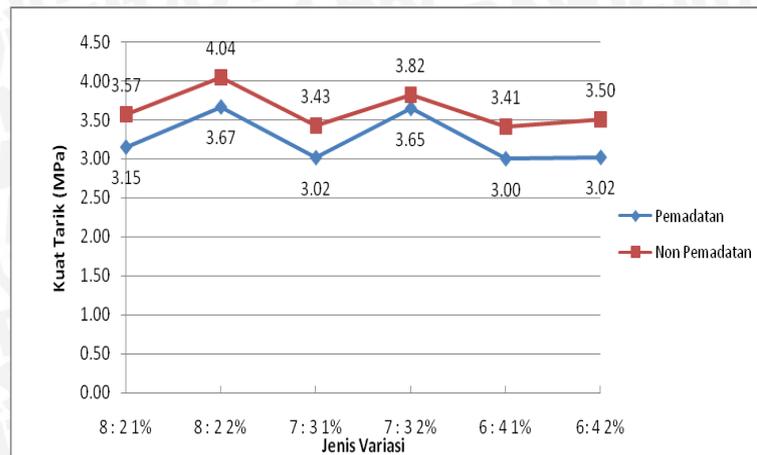
Gambar 4.15 Perbandingan hasil uji kuat tarik belah beton 14 dan 28 hari

Gambar 4.15 menunjukkan perbandingan kuat tekan antara 14 dan 28 hari dari berbagai variasi yang diteliti. Dapat disimpulkan bahwa untuk pengujian umur 14 hari dan 28 hari memiliki kecenderungan yang sama dimana kuat tarik belah tertinggi pada komposisi semen : *fly ash* = 8:2 dengan penambahan *viscocrete* 2%. Kuat tarik belah pada umur 28 hari lebih tinggi dari umur 14 hari dengan peningkatan rata-rata sebesar 22,6 %.

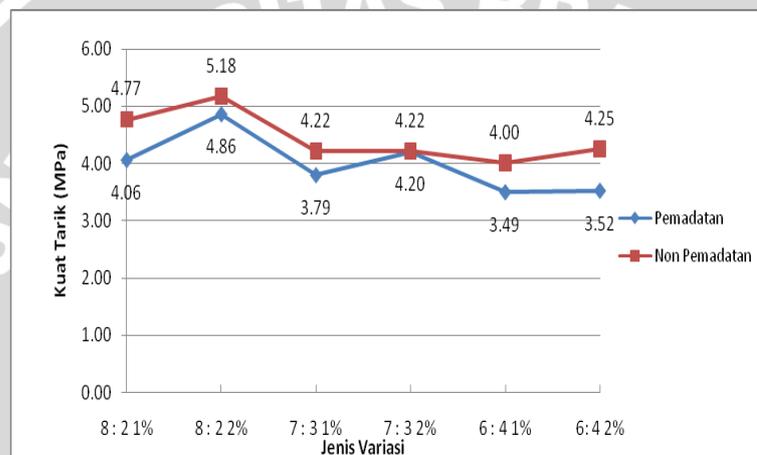
4.3.2 Perbandingan kuat tarik belah beton

a. Perbandingan perlakuan antara pemadatan dan tanpa pemadatan

Dalam penelitian ini perlakuan benda uji dibedakan dengan adanya pemadatan dan tanpa pemadatan. Perbedaan perlakuan digunakan untuk mengetahui pengaruh metode SCC dibandingkan metode konvensional terhadap kekuatan tarik belah beton. Hasil uji tarik dapat dilihat pada **Lampiran** dan **Gambar 4.18** serta **Gambar 4.19**.



Gambar 4.16 Perbandingan uji kuat tarik belah pemadatan dan non pemadatan (14 hari)

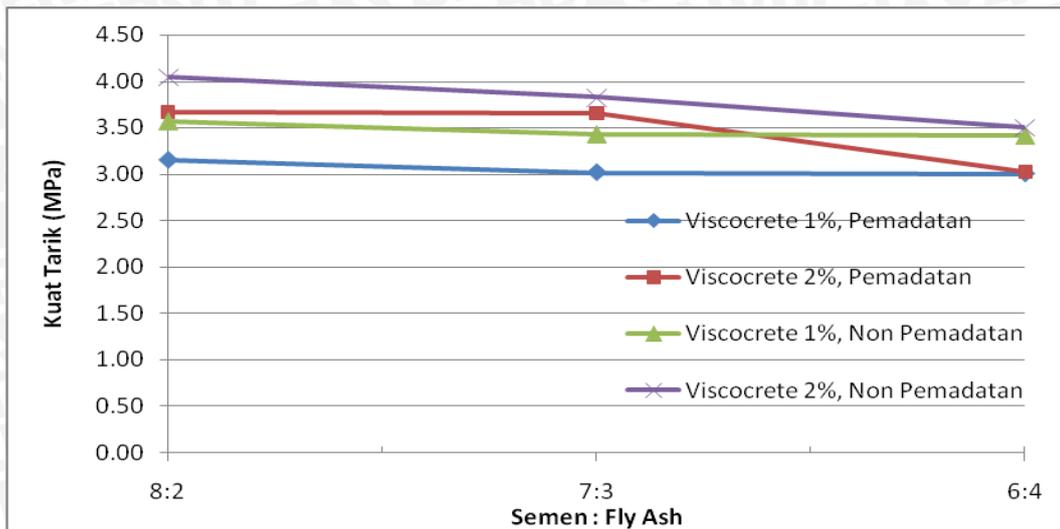


Gambar 4.17 Perbandingan uji kuat tarik belah pemadatan dan non pemadatan (28 hari)

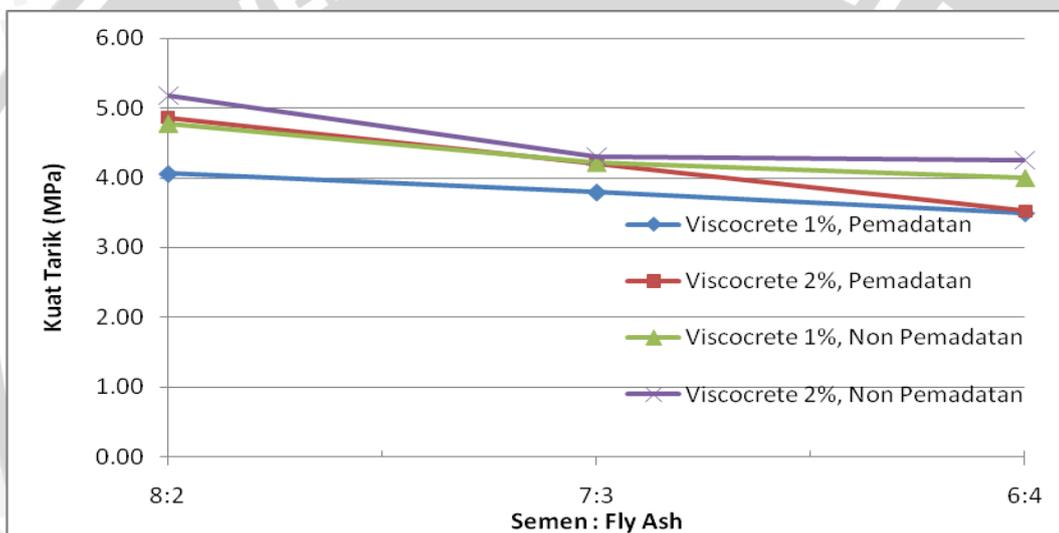
Berdasarkan **Gambar 4.16** dan **Gambar 4.17** hasil uji kuat tarik belah baik pada umur 14 dan 28 hari untuk beton tanpa pemadatan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan beton yang dipadatkan. Hal tersebut disebabkan pemadatan pada beton akan meningkatkan kemungkinan terjadinya segregasi yang dapat mengurangi kekuatan beton.

b. Perbandingan komposisi semen : fly ash dan persentase penambahan viscocrete

Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh komposisi semen : fly ash dan persentase penambahan viscocrete terhadap kuat tarik belah beton. Tinjauan yang dilakukan untuk umur pengujian 14 hari dan 28 hari. Pengujian 14 hari ditampilkan pada **Lampiran** dan **Gambar 4.20**. Sementara untuk pengujian 28 hari ditampilkan pada **Lampiran** dan **Gambar 4.21**.



Gambar 4. 18 Perbandingan komposisi semen : *fly ash* (14 hari)



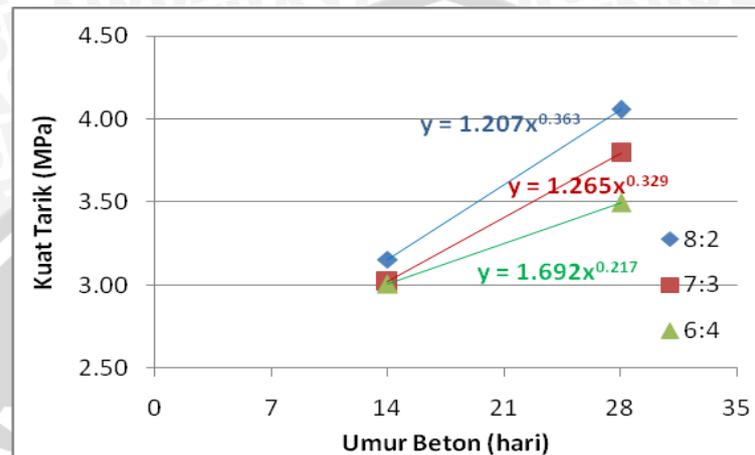
Gambar 4. 19 Perbandingan komposisi semen : *fly ash* (28 hari)

Komposisi yang menghasilkan kuat tarik belah yang tertinggi pada komposisi 8 : 2 dengan penambahan *viscocrete* 2%. Pengurangan semen dan peningkatan *fly ash* akan mengurangi kekuatan beton karena *fly ash* tidak mampu mengikat sebaik semen sehingga akan terjadi penurunan kekuatan. Sementara *viscocrete* dapat meningkatkan kekuatan beton karena mengurangi segregasi dan menurunkan *w/c ratio*, hal ini terbukti dengan kekuatan tarik belah beton dengan penambahan *viscocrete* 2% selalu lebih tinggi daripada penambahan *viscocrete* 1%.

c. Perbandingan umur beton terhadap kuat tarik belah beton

- Untuk *viscocrete* 1% dengan pemadatan

Hasil pengujian umur 14 dan 28 hari untuk benda uji dengan penambahan 1% *viscocrete* dan dipadatkan ditampilkan pada **Lampiran**. Data digambarkan dalam bentuk grafik kemudian dilakukan regresi seperti **Gambar 4.20**.

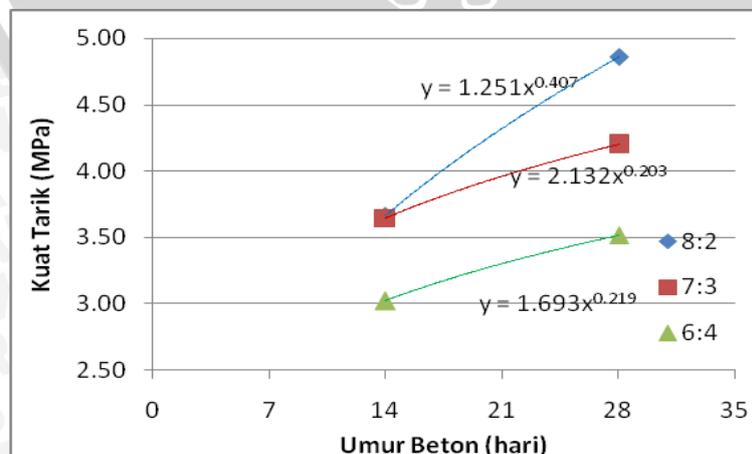


Gambar 4. 20 Kuat tarik beton untuk *viscocrete* 1% dengan pemadatan

Kedua data kekuatan tarik belah pada umur 14 dan 28 hari diregresi menggunakan power series untuk mendapatkan rumus regresi. Untuk komposisi semen : *fly ash* = 8:2 diperoleh rumus $y = 1,207x^{0,363}$. Untuk komposisi semen : *fly ash* = 7:3 diperoleh rumus $y = 1,265x^{0,329}$. Sementara untuk komposisi semen : *fly ash* = 6:4 diperoleh rumus $y = 1,692x^{0,217}$.

- Untuk *viscocrete* 2% dengan pemadatan

Hasil pengujian umur 14 dan 28 hari untuk benda uji dengan penambahan 1% *viscocrete* dan dipadatkan ditampilkan pada **Lampiran**. Data digambarkan dalam bentuk grafik kemudian dilakukan regresi seperti **Gambar 4.21**.

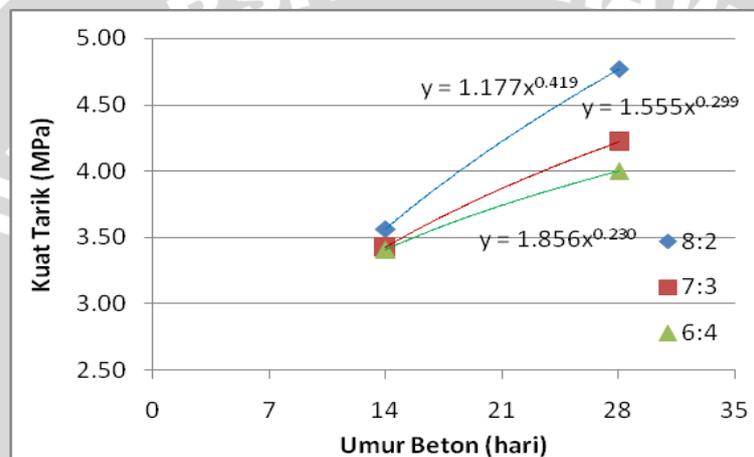


Gambar 4. 21 Kuat tarik beton untuk *viscocrete* 2% dengan pemadatan

Kedua data kekuatan tarik belah pada umur 14 dan 28 hari diregresi menggunakan power series untuk mendapatkan rumus regresi. Untuk komposisi semen : *fly ash* = 8:2 diperoleh rumus $y = 1,251x^{0,407}$. Untuk komposisi semen : *fly ash* = 7:3 diperoleh rumus $y = 2,132x^{0,203}$. Sementara untuk komposisi semen : *fly ash* = 6:4 diperoleh rumus $y = 1,693x^{0,219}$.

- **Untuk *viscocrete* 1% tanpa pemadatan**

Hasil pengujian umur 14 dan 28 hari untuk benda uji dengan penambahan 1% *viscocrete* dan dipadatkan ditampilkan pada **Lampiran**. Data digambarkan dalam bentuk grafik kemudian dilakukan regresi seperti **Gambar 4.22**.

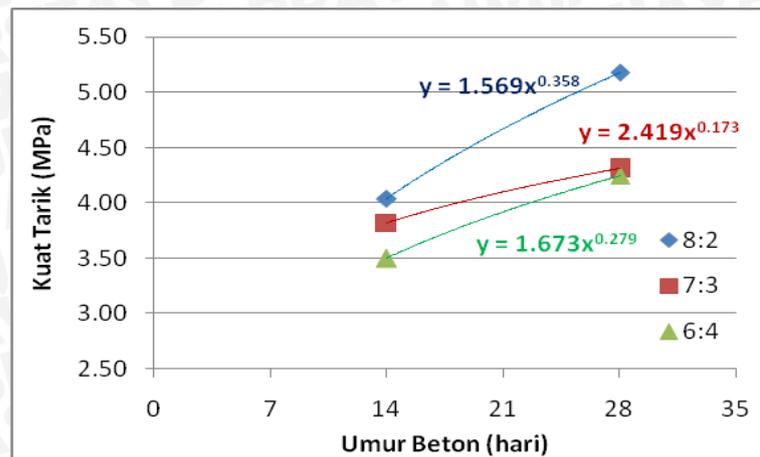


Gambar 4.22 Kuat tarik beton untuk *viscocrete* 1% tanpa pemadatan

Kedua data kekuatan tarik belah pada umur 14 dan 28 hari diregresi menggunakan power series untuk mendapatkan rumus regresi. Untuk komposisi semen : *fly ash* = 8:2 diperoleh rumus $y = 1,177x^{0,419}$. Untuk komposisi semen : *fly ash* = 7:3 diperoleh rumus $y = 1,555x^{0,299}$. Sementara untuk komposisi semen : *fly ash* = 6:4 diperoleh rumus $y = 1,856x^{0,230}$.

- **Untuk *viscocrete* 2% tanpa pemadatan**

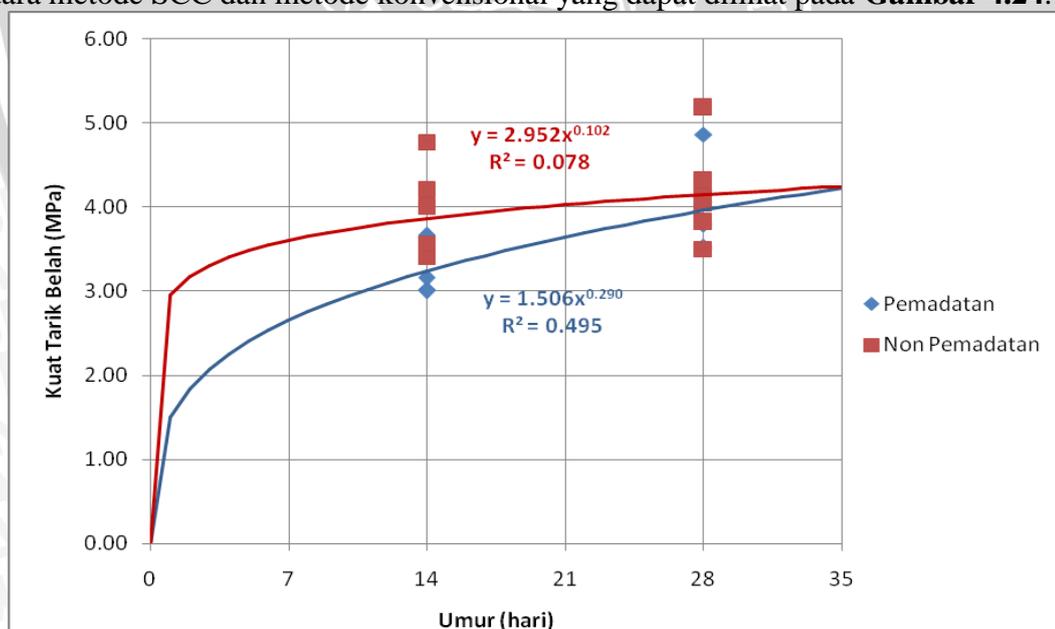
Hasil pengujian umur 14 dan 28 hari untuk benda uji dengan penambahan 1% *viscocrete* dan dipadatkan ditampilkan pada **Lampiran**. Data digambarkan dalam bentuk grafik kemudian dilakukan regresi seperti **Gambar 4.23**.



Gambar 4.23 Kuat tarik beton untuk viscocrete 2% tanpa pemadatan

Kedua data kekuatan tarik belah pada umur 14 dan 28 hari diregresi menggunakan power series untuk mendapatkan rumus regresi. Untuk komposisi semen : fly ash = 8:2 diperoleh rumus $y = 1,569x^{0,358}$. Untuk komposisi semen : fly ash = 7:3 diperoleh rumus $y = 2,419x^{0,173}$. Sementara untuk komposisi semen : fly ash = 6:4 diperoleh rumus $y = 1,673x^{0,279}$.

Dari **Gambar 4.20**, **Gambar 4.21**, **Gambar 4.22**, dan **Gambar 4.23** dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan dari beton umur 14 ke umur 28 hari. Kemudian dari keempat gambar tersebut digabungkan untuk mengetahui perbandingan antara metode SCC dan metode konvensional yang dapat dilihat pada **Gambar 4.24**.



Gambar 4.24 Perbandingan metode SCC dan metode konvensional terhadap kuat tarik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan :

1. Pada *setting time binder*, pengurangan semen dan penambahan *fly ash* akan menambah waktu *setting time*, baik *initial setting time*, maupun *final setting time*. Penambahan waktu ini terjadi karena dalam penelitian ini *fly ash* yang digunakan bukan merupakan *fly ash* murni dan masih tercampur dengan *bottom ash*. *Fly ash* sebagai *pozzolan* belum bisa secara optimal bereaksi dengan kalsium hidroksida untuk membentuk senyawa yang dapat mengikat (*cementitious*) sehingga *fly ash* tidak dapat berfungsi secara keseluruhan sebagai *binder*.
2. Penggantian semen oleh *fly ash* mengurangi kuat tarik belah yang dihasilkan karena daya ikat *binder* yang merupakan penentu kuat tarik belah berkurang.
3. Komposisi optimal semen banding *fly ash* yang menghasilkan kuat tarik belah tertinggi sebesar 4,04 MPa pada 14 hari adalah 8:2 dengan penambahan 2% *viscocrete*. Pada pengujian umur 28 hari didapatkan kuat tarik belah tertinggi sebesar 5,18 MPa juga pada 8:2 dengan penambahan *viscocrete* sebesar 2% dari berat *binder*.
4. Komposisi semen banding *fly ash* 8:2, 7:3, maupun 6:4 dengan penambahan 1% dan 2% *viscocrete* dapat diterapkan dalam metode SCC. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan terpenuhinya seluruh uji kriteria SCC, serta hasil kuat tarik belah belah beton, dimana beton yang tidak dipadatkan memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan beton yang dipadatkan. Penambahan *viscocrete* berfungsi untuk mempermudah *workability*, memperlambat *setting time*, serta mengurangi segregasi untuk mencapai kuat tarik belah yang tinggi.

5.2 Saran

Untuk penyempurnaan hasil penelitian serta untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut disarankan untuk melakukan penelitian dengan memperhatikan hal – hal sebagai berikut :

1. *Fly ash* yang digunakan sebaiknya tidak tercampur dengan *bottom ash*. Sehingga *fly ash* dapat dimanfaatkan sebagai *binder* untuk mengurangi jumlah pemakaian semen sekaligus mengurangi biaya pembuatan beton.

2. Untuk pengujian kriteria SCC sebaiknya alat uji yang digunakan lengkap sehingga hasil yang didapatkan semakin akurat.
3. Sebaiknya dilakukan penambahan jumlah benda uji untuk mendapatkan data yang lebih akurat.
4. Pada saat membuka benda uji, disarankan dilakukan dengan hati-hati sehingga beton yang dikeluarkan tidak cacat.



DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute. 1993. *ACI Manual of Concrete Practice : Materials and General Properties of Concrete*. Michigan.
- Gddic, Z., Despotovic. I & Curcic, G.T. 2008. Properties of Self Compacting Concrete With Different Type of Additive. *Facta Universitatis* Vol. VI No. 2,173-177.
- Labolatorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya. -. *Petunjuk Praktikum Teknologi Beton*. Malang.-.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Murdock, L.J., Brook, K.M. & Hindarko, S. 1991. *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Nawy, E.G. 1985. *Beton Bertulang : Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Neville, A.M. 1981. *Properties of Concrete*. British: ELBS.
- Okamura, H. & Ouchi, M. 2003. Self Compacting Concrete. *Journal of Advance Technology* Vol.I No.1, 5-15.
- Panitia Teknik Standarisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan. 2002. *SNI 03-2847-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.Bandung: Badan Standarisasi Nasional
- Ravindrarajah, R.S, Siladyi. D & Adamopoulos, B. 2003. Development of High-Strength Self-Compacting Concrete With Reduced Segregation Potential. *RILEM Publications* Vol. I No. 1048, 1-3.
- Sugiharto, H., Kusuma, G.H., Himawan, A. & Darma, D.S. 2001. Penggunaan Fly Ash dan Viscocrete pada Self Compacting Concrete. *Dimensi Teknik Sipil* Vol. III No. 1,30-35.
- The European Project Group. 2005. *European Guidelines for Self Compacting Concrete*. U.K.