

ANALISA PENGGUNAAN SILICAFUME, SUPERPLASTIZICER SERTA PENAMBAHAN SERBUK KACA TERHADAP PENINGKATAN MUTU BETON PADA PERENCANAAN BETON MUTU TINGGI (K-600) MENGGUNAKAN METODE STANDAR NASIONAL INDONESIA (SNI)

Yusuf Amran¹, Yusuf Daud²

Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara No.166 Kota Metro Lampung 34111, Indonesia
Email: yusufamran @yahoo.com¹, yusufdaud@yahoo.co.id²

ABSTRACT

In addition to the quality improvement of concrete construction materials technology, also must be able to answer and finish the environmental problems which the program green construction has long been established in the world of construction included in the construction technology of the concrete. the use of one of the solid waste in the form of fractions/glass powder is one of the alternative solutions of reducing pollution of the environment on the other hand are forecast to contribute in a concrete quality improvement especially on high quality concrete This is due to the many glass powder contains one of the main chemical compounds that are required on the quality improvement of concrete namely Si (silica). This research using a sample of Test Cylinder diameter of 150 mm and a height of 300 mm. Testing done when aged 7, 14, 21, and 28 days and every age consists of 3 test objects with 5 types of variations of concrete mix so that it takes 12 test objects for each coarse aggregate based on the origin of where they were taken, and obtained a total of test objects. The results showed that the influence of Silica Fume and powder glass in concrete mortar can increase the kelecakan of the concrete, it is influenced by the shape of the Silica Fume particles and fine glass powder (passes sieve No. 200). On the use of Silica Fume 15%, 1.5% Superplasticizer and Powder 15% Glass reinforced concrete at the age of 28 days, gained strong press optimum concrete that is the highest power of most of the other 659.590 kg/cm², these results do indeed have exceeded the quality of concrete planned (600 kg/cm²), but has not yet reached a maximum in strong concrete press namely of 706.60 kg/cm². With the increased magnitude of the use of Silica Fume and powder glass obtained a small slump value, due to nature of glass powder and absorb water, except for the composition of the SF 20%, SP and SK 2% 20%. The use of Silica Fume and powder glass in concrete as cement replacement with supplementary material levels > 15% of cement weight can lower the quality of the concrete, This is because the water absorption is too large by Silica Fume and powder glass so the water needed for the hydration is not enough to result in concrete strength becomes lower. The use of Superplasticizer on the concrete mix is to simplify the work of concrete/made concrete mix became more diluted but not giving effect to quality improvement of concrete that will be generated.

Keywords: *High-Quality Concrete, Superplasticizer, Silicafume, Glass Powder*

PENDAHULUAN

Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan - kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang relatif murah, mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama,

tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis.

Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Teknologi bahan dan teknik-teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian beton serta mengatasi kendala-kendala yang sering terjadi pada pengerjaan di lapangan. Dalam pembangunan gedung-gedung bertingkat tinggi dan bangunan massal lainnya dibutuhkan beton kekuatan tinggi, beton mutu tinggi merupakan pilihan yang paling tepat.

Beton didefinisikan sebagai “*high-strength*” semata-mata berdasarkan karena kuat tekannya pada umur tertentu. Pada tahun 1960-an, sebelum ditemukannya *superplasticizer*, campuran beton yang memperlihatkan kuat tekan sebesar 7500 psi (52 Mpa) pada umur 28 hari disebut sebagai *high strength concrete* yang kemudian berubah lagi standar tersebut pada tahun 1970-an menjadi 9000 psi (62 Mpa). Saat ini, saat campuran beton dengan kuat tekan 62 MPa – 120 MPa tersedia di pasaran, pada *ACI Committae 2002* tentang *High Strength Concrete* merevisi definisinya menjadi *memperoleh campuran dengan kuat tekan desain spesifikasi 62 MPa atau lebih*.

Meskipun tujuan praktisnya adalah untuk menyatakan kuat tekan beton berdasarkan hasil uji pada umur 28 hari, namun terdapat pergeseran untuk menyatakan kekuatan pada umur 56 atau 90 hari dengan alasan bahwa banyak elemen-elemen struktur yang tidak terbebani selama kurun waktu dua atau tiga bulan atau lebih. Saat kekuatan yang tinggi tidaklah diperlukan pada umur-umur awal, akan lebih baik untuk tidak menyatakannya hanya untuk mencapai sejumlah keuntungan misalnya penghematan semen, kemampuan untuk menggunakan bahan-bahan tambah (*admixture*) secara berlebihan dan produk yang lebih *durable*.

Ada beberapa alasan yang dapat dikemukakan mengapa kita membutuhkan beton mutu tinggi, antara lain adalah:

- a. Untuk menempatkan beton pada masa layannya pada umur yang lebih awal, sebagai contoh pada perkerasan di umur 3 hari.
- b. Untuk membangun bangunan-bangunan tinggi dengan mereduksi ukuran kolom dan meningkatkan luasan ruang yang tersedia.
- c. Untuk membangun sruktur bagian atas dari jembatan-jembatan bentang panjang dan untuk mengembangkan durabilitas lantai-lantai jembatan.

Untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan khusus dari aplikasi-aplikasi tertentu seperti durabilitas, modulus elastisitas dan kekuatan lentur. Beberapa dari aplikasi ini termasuk dam, atap-atap tribun, pondasi-pondasi pelabuhan, garasi-garasi parkir, dan lantai-lantai *heavy duty* pada area industri. Upaya untuk mendapatkan beton mutu tinggi yaitu dengan meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya kekerasan agregat dan kehalusan butir semen. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan ganti atau bahan tambah, dari beberapa bahan pengganti dan bahan tambah yang ada diantaranya adalah *Silica Fume* selain dapat meningkatkan mutu beton, juga dapat mempengaruhi tegangan dan regangan pada beton.

Selain peningkatan mutu beton, teknologi bahan konstruksi juga haruslah mampu menjawab dan meyelesaikan permasalahan lingkungan dimana program *green construction* sudah lama dicanangkan dalam dunia konstruksi termasuk dalam teknologi konstruksi beton. penggunaan salah satu limbah padat berupa pecahan/serbuk kaca merupakan salah satu alternatif solusi mengurangi pencemaran lingkungan yang disisi lain diprediksi mampu memberikan kontribusi besar dalam peningkatan mutu beton terutama pada beton mutu tinggi hal ini disebabkan serbuk kaca banyak

mengandung salah satu senyawa kimia utama yang diperlukan pada peningkatan mutu beton yaitu *Si (silica)*.

TINJAUAN PUSTAKA

Teori Tentang Beton

Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara nilai 10-65 MPa. Untuk struktur beton bertulang pada umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan antara 17-30 MPa. Sedangkan untuk beton prategang digunakan beton dengan kuat tekan lebih tinggi, berkisar antara 30-45 MPa. Untuk keadaan dan keperluan khusus, beton *ready mix* mampu mencapai kuat tekan 62 MPa dan untuk memproduksi beton kuat tekan tinggi tersebut umumnya dilaksanakan dengan pengawasan ketat laboratorium (*Dipohusodo, 1999*).

Kuat tekan beton :

$$F'c = P / A \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Dimana:

P = Beban maksimum (Kg)

A = Luas benda uji (cm²)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu:

1. Faktor Air Semen (FAS)
2. Umur Beton
3. Jenis dan Jumlah Semen
4. Sifat Agregat

Workabilitas (*Workability*)

Workabilitas diartikan sebagai tingkat kemudahan suatu campuran beton untuk dikerjakan. Baik pada saat dicampur, diangkut, dipadatkan, maupun dicetak. Faktor utama yang berpengaruh dalam workabilitas ini yaitu:

1. Kadar air
2. Tipe dan ukuran agregat

Suatu adukan dapat dikatakan *workable* jika memenuhi kriteria sebagai berikut:

Plasticity

1. *Cohesiveness*
2. *Fluidity*
3. *Mobility*

Meskipun semen telah memiliki workabilitas yang mencukupi untuk penanganan dan penempatan beberapa saat

setelah dicampur, tetapi workabilitas semen tersebut akan menurun secara terus menerus. Hal ini dikarenakan:

1. Air pencampur terserap oleh agregat yang tidak jenuh sebelum dicampur
2. Penguapan air pencampur itu sendiri
3. Reaksi hidrasi awal semen
4. Interaksi antara *admixtures* dengan partikel semen dalam campuran.

Segregasi dan Bleeding

Pengertian segregasi adalah peristiwa pemisahan komponen material dalam campuran beton segar sebagai akibat dari campuran yang tidak seragam. Peristiwa pemisahan ini dapat terjadi dua macam: pengendapan agregat yang lebih berat di dasar campuran beton segar, atau pemisahan agregat kasar dari kesatuan campuran beton akibat pemadatan yang berlebihan.

Sedangkan *bleeding* adalah suatu jenis segregasi khusus. Pengertian *bleeding* adalah peristiwa naiknya air ke atas permukaan pada saat adukan beton telah mengalami konsolidasi, namun belum mengalami pengikatan. Hal ini dikarenakan air menjadi material yang memiliki berat jenis terkecil dibanding komponen yang lain (agregat dan semen).

Gradasi Agregat

Gradasi adalah distribusi proporsi ukuran butiran agregat dalam suatu campuran beton. Gradasi agregat biasa ditampilkan dalam grafik gradasi agregat. Ada 3 macam gradasi yang dikenal, yaitu:

1. Gradasi Seragam
2. Gradasi Menerus
3. Gradasi Sela

Beton Mutu Tinggi

Beton didefinisikan sebagai "*high-strength*" semata-mata berdasarkan karena kuat tekannya pada umur tertentu. Pada tahun 1960-an, sebelum ditemukannya *superplasticizer*, campuran beton yang memperlihatkan kuat tekan sebesar 7500 psi (52 Mpa) pada umur 28 hari disebut sebagai *high strength concrete* yang

kemudian berubah lagi standar tersebut pada tahun 1970-an menjadi 9000 psi (62 Mpa). Meskipun tujuan praktisnya adalah untuk menyatakan kuat tekan beton berdasarkan hasil uji pada umur 28 hari, namun terdapat pergeseran untuk menyatakan kekuatan pada umur 56 atau 90 hari dengan alasan bahwa banyak elemen-elemen struktur yang tidak terbebani selama kurun waktu dua atau tiga bulan atau lebih. Saat kekuatan yang tinggi tidaklah diperlukan pada umur-umur awal, akan lebih baik untuk tidak menyatakannya hanya untuk mencapai sejumlah keuntungan misalnya penghematan semen, kemampuan untuk menggunakan bahan-bahan tambah (*admixture*) secara berlebihan dan produk yang lebih *durable*.

“Perencanaan campuran beton merupakan kunci dihasilkannya beton yang baik, akan tetapi yang namanya kunci pastilah memiliki gigi-gigi kunci yang lainya” kira-kira seperti itulah perumpamannya. Berawal dari proporsi campuran beton yang baik (inilah yang dimaksud dengan kunci) dan masih didukung oleh faktor yang lainnya yaitu pencampuran, pengecoran, pemadatan dan perawatan beton paska pengecoran (inilah yang dimaksud dengan gigi-gigi kunci yang lain).

Sebagaimana definisi yang telah kita ungkapkan bahwa beton merupakan persenyawaan yang terdiri dari agregat, air, semen dan zat tambahan jika diperlukan syarat khusus maka kendali proporsi material beton harus kita ketahui. Menurut aturan yang berlaku di Indonesia dan secara teoritis perencanaan campuran beton bukanlah hal yang mudah, disamping harus menguasai disiplin ilmu teknik sipil terutama tentang teknologi bahan konstruksi, juga diperlukan laboratorium untuk menganalisa material yang akan kita gunakan dan juga diperlukan laboratorium untuk memguji hasil perencanaan campuran beton tersebut.

Material Penyusun Beton

- Semen
- Agregat Halus (Pasir)
- Agregate Kasar (Split)
- air

Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (*Tri Mulyono, 2003*). Rumus yang digunakan pada beton mutu tinggi adalah:

$$Fas = W / (c + p)$$

Keterangan:

Fas = Faktor air semen

W = Rasio total berat air

c = Berat semen

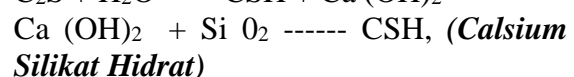
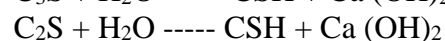
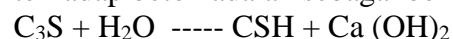
p = Berat bahan tambah pengganti semen

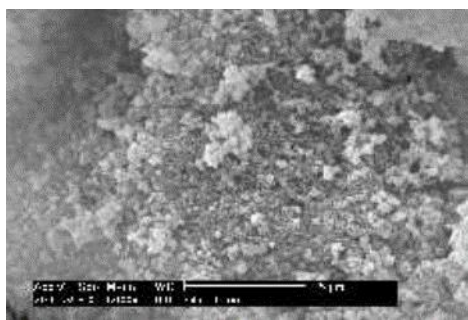
Nilai faktor air semen pada beton mutu tinggi termasuk berat air yang terkandung di dalam agregat. Faktor air semen pada kondisi agregat kering oven.

Zat Additive (Bahan Tambahan)

Silica Fume

Adapun reaksi kimia *Silica Fume* terhadap beton adalah sebagai berikut :





Gambar 1. Bentuk Partikel *Silica Fume*

Superplasticizer

Tipe A : *Water Reducer (WR) atau plasticizer.*

Tipe B : *Retarder*

Tipe C : *Accelerator*

Tipe D : *Water Reducer Retarder (WRR)*

Tipe E : *Water Reducer Accelerator*

Tipe F : *High Range Water Reducer (Superplasticizer)*

Tipe G : *High Range Water Reducer (HRWR)*

Mix Design (Rancangan Campuran)

Beberapa metode dalam perancangan beton:

1. **Metode ACI (American Concrete Institute) Method**, mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudahan pekerjaan, serta keawetan dan kekuatan pekerjaan beton. Cara *ACI* melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu, jumlah air perkubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran beton yang pada akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan (*workability*).
2. **Metode Road Note No.4**, cara perancangan ini ditekankan pada pengaruh gradasi agregat terhadap kemudahan pengerjaan.
3. **Metode SK.SNI T-15-1990-03./Current British Method (DOE)**, disusun oleh British Departement of Environment pada tahun 1975 untuk menggantikan Road Note.4 di Inggris. Untuk kondisi di Indonesia telah diadakan penyesuaian pada besarnya variasi kuat tekan beton.

4. **Metode Campuran Coba-coba**, cara coba-coba dikembangkan berdasarkan cara metode ACI, Road Note No.4 dan SK.SNI T-15-1990-03, setelah dilakukan pelaksanaan dan evaluasi. Cara ini berusaha mendapatkan pori-pori yang minimum atau kepadatan beton yang maksimum artinya bahwa kebutuhan agregat halus maksimum untuk mendapatkan kebutuhan semen minimum.

Dalam penelitian ini akan lebih di bahas secara lebih rinci rancangan campuran dengan menggunakan metode **SK.SNI T-15-1990-03**.

METODE PENELITIAN

Sampling Material

Sampel atau contoh uji adalah bagian kecil dari suatu kumpulan material dalam jumlah besar yang sedang berada dalam pengolahan, *stockpile* (penimbunan material), *batch*, truk, mobil angkut, atau *belt-conveyor*. Karakteristik sampel menunjukkan sifat dan karakteristik material yang diuji. Alat ukur dan metode pengambilan sampel dapat mengikuti aturan statistik. Pengertian sampel dalam statistik adalah contoh uji dalam populasi, yaitu sekumpulan sampel uji yang diduga mempunyai sifat dan karakteristik yang homogen.

Menurut aturan statistik, metode pengambilan sampel dapat dilakukan secara acak (*random*), bergantung pada populasinya. Teknik pengambilan ini harus memenuhi karakteristik variabilitas sampel, dengan tetap memperhatikan banyaknya sampel uji yang dibutuhkan sesuai dengan kriteria statistik tersebut. Banyaknya sampel yang diambil tergantung dari banyaknya populasi atau kumpulan material yang akan diuji. Hal ini biasanya didasarkan pada kriteria mengenai beberapa penyimpangan yang boleh diterima (secara statistik dirumuskan berdasarkan kriteria variabilitas). Sampel yang diambil harus menginformasikan nomor contoh, ukuran, sumber asal lokasi material, saat pengambilan dan prosedur-

prosedur buku teknik pengambilan. Hal ini harus didasarkan pada kebutuhan kasar banyaknya sampel untuk pengujian laboratorium. Variasi keseragaman material dalam populasi akan menentukan juga banyaknya sampel yang dibutuhkan. Semakin tinggi variasinya, semakin banyak sampel yang dibutuhkan, meskipun harus tetap memperhatikan kriteria rata-rata dan standar deviasi yang diharapkan.

Pemeriksaan Bahan-Bahan Dasar

1. Pemeriksaan Agregat Halus / Pasir

- a. Pemeriksaan Kadar Lumpur (*Sand Equivalent*) dalam agregat halus (ASTM C117-80).
- b. Pemeriksaan kandungan bahan organik (ASTM C40-74)
- c. Pemeriksaan Kadar Air (ASTM C566-78)
- d. Analisa Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.
- e. Pemeriksaan Gradasi Pasir (ASTM C33-93).

2. Pemeriksaan Agregat Kasar

- a. Pengujian Gradasi Agregat Kasar
- b. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
- c. Pengujian Keausan agregat kasar menggunakan mesin *los angeles*

Proses Pencampuran dan Pengadukan Bahan-Bahan Beton

Persiapan

1. Sebelum pembuatan beton dimulai, semua alat-alat pengaduk dan pengangkut harus dibersihkan dari kotoran-kotoran, kemudian cetakan-cetakan dan pasangan-pasangan dinding yang akan berhubungan dengan beton harus dibahasi dengan air sampai jenuh.
2. Air harus dibuang dari semua ruang-ruang yang akan diisi dengan beton, kecuali apabila menurut persetujuan pengawas ahli hal itu tidak perlu dilakukan.

Pengadukan

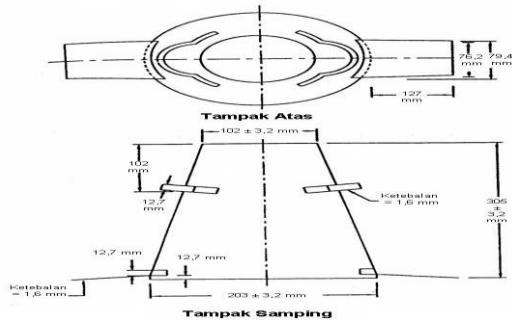
1. Pengadukan beton pada semua mutu beton, kecuali mutu beton B-0, harus dilakukan dengan mesin pengaduk. dan untuk mutu kelas beton III, mesin pengaduk harus dilengkapi dengan alat-alat yang dapat mengukur dengan tepat jumlah air pencampur yang dimasukkan ke dalam drum pengaduk, jenis mesin pengaduk dan jenis timbangan atau takaran semen dan agregat harus disetujui oleh pengawas ahli sebelum dapat dipakai.
2. Selama pengadukan berlangsung, kekentalan adukan beton harus diawasi terus menerus oleh tenaga pengawas yang ahli dengan jalan memeriksa slump setiap campuran beton yang baru. Besarnya slump dijadikan petunjuk apakah jumlah air pencampur yang dimasukkan ke dalam drum pengaduk adalah tepat atau perlu dikoreksi dalam hubungannya dengan fas yang diinginkan.
3. Waktu pengadukan tergantung pada kapasitas drum pengaduk, banyaknya adukan yang diaduk, jenis, dan susunan butir agregat yang dipakai dan slump dari betonnya, dimasukkan ke dalam drum pengaduk setelah selesai pengadukan, adukan beton harus memperlihatkan susunan dan warna yang merata.

Apabila karena sesuatu hal adukan beton tidak memnuhi syarat minimal, misalnya terlalu encer karena kesalahan dalam memberikan jumlah air pencampur atau sudah mengeras sebagian atau yang tercampur sengan bahan-bahan asing, maka adukan itu tidak boleh dipakai dan harus disingkirkan dari tempat pelaksanaan.

Pengujian Slump Test

Satu contoh campuran beton segar dimasukkan ke dalam sebuah cetakan yang memiliki bentuk kerucut terpancung dan dipadatkan dengan batang penusuk. Cetakan diangkat dan beton dibiarkan sampai terjadi penurunan pada permukaan bagian atas beton. Jarak antara posisi

permukaan semula dan posisi setelah penurunan pada pusat permukaan atas beton diukur dan dilaporkan sebagai nilai slump beton. Alat uji harus berupa sebuah cetakan yang terbuat dari bahan logam yang tidak lengket dan tidak bereaksi dengan pasta semen.



Gambar 2. Cetakan untuk Uji Slump (Kerucut Abram)

Penuangan, Pengecoran dan Pematatan Spesi Beton

Penuangan dan pengecoran perlu juga dapat perhatian sebab kesalahan penuangan dan pengecoran akan menimbulkan pemisahan. Penuangan dan pengecoran perlu juga dapat perhatian sebab kesalahan penuangan dan pengecoran akan menimbulkan pemisahan agregat kasar terhadap yang halus (segresi), sehingga homogenitas beton berkurang.

Pembuatan Benda Uji Beton

Benda uji yang digunakan yaitu benda uji silinder sebanyak 60 unit sampel, bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji terlebih dahulu ditimbang sesuai dengan rancangan campuran yang telah dihasilkan, adapun rencana komposisi benda uji yang akan dibuat berdasarkan berat semen adalah sebagai berikut :

- Dibuat 6 tipe campuran untuk masing-masing bahan *additif* yang terdiri dari :
Campuran I dengan penambahan *Additive* 0 % (Beton Normal)
Campuran II dengan penambahan *Additive* 5% SF, 0,5% SP dan 5% SK

Campuran III dengan penambahan *Additive* 10% SF, 1% SP dan 10% SK

Campuran IV dengan penambahan *Additive* 15% SF, 1,5% SP dan 15% SK

Campuran V dengan penambahan *Additive* 20% SF, 2% SP dan 20% SK

- Setiap campuran diukur nilai slumpnya.
- Setiap campuran dibuat 3 buah benda uji untuk pengujian kuat tekan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari.
- Kemudian cetakan dibuka dan dilakukan perawatan dengan cara mempertahankan kelembaban benda uji yaitu direndam dalam bak atau dimasukkan ke dalam desikator (alat pendingin).

Perawatan beton ini dimaksudkan untuk mencegah suhu beton yang tinggi atau penguapan air secara berlebihan yang dapat mengurangi kekuatan beton.

Perawatan (*Curing*) Benda Uji Beton

Pada prinsipnya tujuan perawatan adalah mencegah pengeringan yang bisa menyebabkan kehilangan air yang dibutuhkan untuk proses pengerasan beton atau mengurangi kebutuhan air selama proses hidrasi semen. Pada penelitian ini proses perawatan/*curing* sampel-sampel beton dilakukan dengan cara merendam sampel-sampel beton tersebut ke dalam air pada tampungan air.

Pengujian Benda Uji Beton

Pengujian benda-benda uji dilakukan pada umur beton 28 hari dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan cara meletakkan benda uji silinder beton tegak (berdiri) pada pelat bawah, beban maksimum dicatat, yang diperoleh setelah benda uji pecah atau hancur (ASTM C 39).

Analisis Hasil Penelitian

Data-data yang diperoleh kemudian dianalisa yang berupa :

- Data hasil pengujian slump untuk masing-masing tipe campuran ditabelkan.
- Data hasil pengujian kuat tekan dijadikan tegangan tekan dengan menggunakan persamaan.

Menghitung besarnya perbedaan kuat tekan beton normal dengan beton menggunakan bahan tambahan kemudian ditabelkan dan dianalisa serta dibuat suatu kesimpulan hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Agregat Halus (Pasir)

Tabel 1. Parameter Hasil Pengujian Agregat Halus/Pasir

No	Jenis Pengujian	Hasil	ASTM-SNI
1	Analisa saringan	Zona 1	Baik
2	Kadar Air	3,27 %	(Semakin Kecil, Semakin Baik)
3	Berat Volume	1,43 gr/cm ³	(Semakin Besar, Semakin Baik)
4	Kadar Lumpur	0,76 %	Max. 5 %
5	Modulus Kehalusan Pasir	3,52 %	3-8 %
6	Berat Jenis SSD	2,37 gr	(Semakin Besar, Semakin Baik)
7	Berat Jenis Semu (Apparent)	2,37 gr	(Semakin Besar, Semakin Baik)
8	Berat Jenis (Bulk)	2,36 gr	(Semakin Besar, Semakin Baik)
9	Penyerapan	1,39 %	(Semakin Kecil, Semakin Baik)

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium

Agregat Kasar (Split/Batu Pecah)

Tabel 2. Parameter Hasil Pengujian Agregat Kasar/Batu Pecah

No	Jenis Pengujian	Hasil	ASTM-SNI
1	Analisa Saringan	Zona 2	Baik
2	Kadar Air	3,47 %	(Semakin Kecil, Semakin Baik)
3	Berat Volume	1,27 gr/cm ³	(Semakin Besar, Semakin Baik)
4	Kadar lumpur	0,41 %	Max. 1 %
5	Berat jenis SSD	2,54 gr	3-8 %
6	Berat Jenis Semu (Apparent)	2,64 gr	(Semakin Besar, Semakin Baik)
7	Berat Jenis (Bulk)	2,47 gr	(Semakin Besar, Semakin Baik)
8	Penyerapan	2,5 %	(Semakin Kecil, Semakin Baik)
9	Abrasion	14,80 %	(Semakin Besar, Semakin Baik)

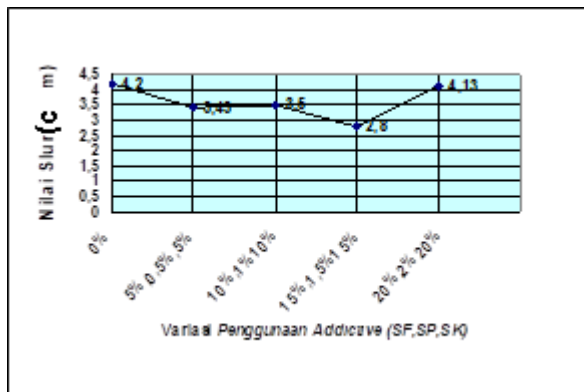
Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium

Kelecekan Adukan Beton (*Workability*)

Tabel 3. Nilai Pengujian *Slump* (*Silica Fume*+*Superplasticizer*+Serbuk Kaca).

Variasi kadar penambahan (%)	Nilai Slump Rata-Rata (cm)
0	4,20
5SF+0,5SP+5SK	3,43
10SF+1SP+10SK	3,50
15SF+1,5SP+15SK	2,80
20SF+2SP+20SK	4,13

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium



Gambar 3. Grafik Nilai Slurp dengan Penambahan SF, SP, dan SK

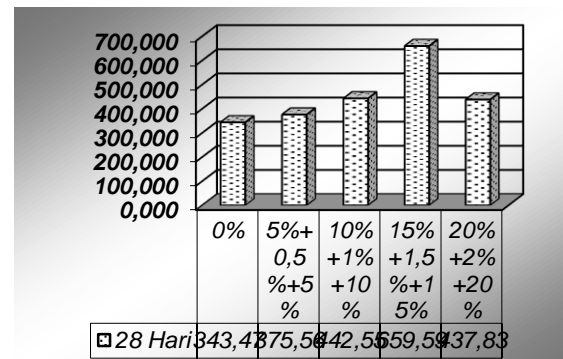
Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari untuk beton menggunakan campuran Silica Fume, Superplasticizer dan Serbuk Kaca. Jumlah benda uji untuk masing-masing umur pengujian adalah 3 sampel beton untuk masing-masing komposisi. Sehingga untuk masing-masing variasi kadar penambahan Silica Fume, Superplasticizer dan Serbuk Kaca total keseluruhan dibutuhkan 60 sampel beton silinder dengan 5 variasi komposisi campuran beton mutu tinggi. Dari hasil pengujian terlihat bahwa ada beton yang telah mencapai kuat tekan rencana dengan penambahan Silica Fume, Superplasticizer dan Serbuk Kaca (untuk kelima komposisi) pada umur 28 hari yaitu hanya mencapai 659,59 Kg/Cm² (pada komposisi SP 1,5%+SF 15%+SK 15%).

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata (SF + SP + SK)

Variasi Penambahan	Kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)
	Umur 28 Hari
0%	343,477
5%SF+0,5	375,560
10%SF+1	442,557
15%SF+1,	659,590
20%SF+2	437,839

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan di Laboratorium



Gambar 4. Diagram hubungan kuat tekan beton dengan variasi penambahan SF + SF+SK

Tabel 5. Persentase peningkatan kuat tekan beton rata-rata setelah ditambahkan SF, SP dan SK terhadap beton normal.

Variasi Penambahan	Kuat Tekan Rata-Rata (Kg/cm ²)	
	% Peningkatan (Dari Beton Normal)	28 Hari
0%	0%	343,477
5%SF+0,5	9,34 %	375,560
10%SF+1	28,85 %	442,557
15%SF+1,	92,03 %	659,590
20%SF+2	27,47 %	437,839

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan di Laboratorium

Analisa Hasil Penelitian

Dari semua hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dianalisa sebagai berikut :

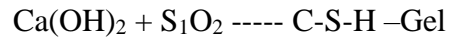
A. Kaitannya Beton dengan Penambahan Silica Fume, Superplasticizer dan Serbuk Kaca

1. Dengan bertambahnya umur beton, maka bertambah pula kuat tekan betonnya.
2. Dari Tabel, untuk penambahan Silica Fume sebesar 15 %, SP 1,5% dan Serbuk Kaca 15% pada umur 28 hari beton mengalami peningkatan

kekuatan yang signifikan dibandingkan pada komposisi lainnya.

3. Peningkatan kekuatan tekan beton mulai berkesinambungan atau berangsur-angsur semakin naik dari beton normal mulai pada penambahan *Silica Fume* sebesar 5% sampai dengan 15%, SP 0,5% sampai 1,5% dan serbuk kaca 5% sampai dengan 15%.
4. Dari hasil penelitian dan pernyataan-pernyataan di atas menunjukkan bahwa kuat tekan beton dengan penambahan *Silica Fume*, *Superplasticizer* dan *Serbuk Kaca* mengalami peningkatan optimum pada penambahan *SF* sebesar 15%, SP 1,5% dan SK 15%, setelah itu pada penambahan zat *addictive* pada komposisi SF 20%, SP 2% dan SK 20% kuat tekannya menurun walaupun masih di atas kuat tekan beton normal. Berarti dapat disimpulkan penggunaan *Silica Fume*, *Superplasticizer* dan *Serbuk Kaca* sebaiknya digunakan sampai batas SF 15%, SP 1,5% dan SK 15% saja dan lebih dari itu tidak efektif lagi.
5. Dikarenakan bahan utama dari *Silica Fume* adalah material pozzolan yang halus, di mana komposisi *silica* lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silicon atau *alloy* besi silicon dengan diameter berkisar antara 0,1-1,0 micron meter, maka bahan ini otomatis sangat mudah sekali menyerap air dan memadatkan daripada rongga-rongga/pori dalam campuran beton, oleh karena itu akibat reaksi kimia / reaksi hidrasi pada beton pada umumnya yang dipahami sebagai reaksi pengerasan beton karena pengikatan oleh semen, yang dapat dinyatakan dengan persamaan :
Semen + air ----C-S-H -Gel + Ca(OH)₂
C-S-H (Kalsium Silikat Hidrat) adalah reaksi semen dan air yang berperan penting dalam memberikan kekuatan pada beton. Satu keuntungan akan didapatkan bila ditambahkan *Silica Fume* pada beton, karena (Ca(OH)₂)

yang tidak memberikan kontribusi sepenuhnya pada kekuatan beton akan bereaksi dengan SiO₂ yang merupakan kandungan terbesar dari *SilicaFume*, yang kemudian menghasilkan senyawa C-S-H. Reaksi tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:



Namun penggunaan *Silica Fume* yang berlebihan akan mengakibatkan campuran beton akan menjadi kental dan proses reaksi hidrasi dalam campuran beton menjadi tidak sempurna, hal ini justru akan menyebabkan mutu beton menjadi semakin menurun.

B. Kaitannya Dengan Mutu Beton Yang Dihasilkan

Ada banyak hal yang dapat menjadi penyebab mengapa beton yang dihasilkan pada penelitian ini belum mencapai mutu secara maksimum, indikasinya antara lain adalah :

1. Semen yang digunakan pada penelitian ini dapat diindikasikan menjadi salah satu penyebab mengapa belum tercapainya mutu maksimum dari beton yang ingin dihasilkan, karena pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen dengan jenis komposit atau biasa disebut dengan istilah *PCC (Portland Composit Cement)* yang berat jenisnya berkisar antara 2,5 – 2,9 gram/ml yang bebas beredar dipasaran, sebaiknya semen yang digunakan adalah semen portland atau yang biasa kita kenal dengan sebutan *PC (Portland Cement)* yang berat jenisnya lebih besar yaitu berkisar antara 3,1 – 3,3 gram/ml (berdasarkan SII) namun kendalanya adalah semen jenis ini saat ini sudah tidak beredar bebas lagi di pasaran (masuk ke dalam kategori semen khusus dan diproduksi dalam bentuk curah).
2. Mutu/kualitas agregat yang digunakan juga menjadi kendala yang tidak dapat dihindari pada penelitian ini, karena

keterbatasan ketersediaan agregat kasar yang benar-benar baik (baik berat jenis, kekerasan, tekstur permukaan, dan lain-lain) yang ada di daerah Lampung.

3. Metode pelaksanaan diindikasikan juga menjadi penyebab belum maksimumnya mutu beton yang dihasilkan, diantaranya adalah:
 - a. Kebersihan tabung molen (mesin pengaduk campuran) yang kurang diperhatikan selama proses pencampuran bahan-bahan pembentuk beton termasuk keadaan basah pada tabung molen pasca pembersihan menggunakan air, yang secara langsung akan menambah volume air yang digunakan pada proses pencampuran tersebut sehingga berpengaruh dengan tingkat kekentalan campuran beton yang dihasilkan.
 - b. Keadaan *mold*/cetakan beton yang tidak tegak-lurus (miring) pada saat pengerjaan/pengecoran beton ke dalam cetakan juga menjadi masalah pada penelitian ini, karena dengan tidak diperhatikannya hal ini maka akan menghasilkan sampel beton yang tidak sempurna pula (penampang yang miring) yang akan berakibat fatal pada saat dilaksanakannya pengujian kuat tekan beton yaitu berupa tidak ratanya penyebaran beban (penyebaran pembebanan) yang bekerja pada penampang beton pada saat pengujian dilakukan.
 - c. Pelaksanaan pemadatan campuran pada saat pengerjaan beton ke dalam cetakan yang kurang diperhatikan juga diindikasikan menjadi salah satu penyebab utama, walaupun telah menggunakan tongkat pemadat namun keseriusan dan ketelitian pada saat proses pemadatan menjadi hal yang mutlak untuk dilakukan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pengaruh *Silica Fume* dan serbuk kaca pada adukan beton dapat meningkatkan kelecakan beton, hal ini dipengaruhi oleh bentuk partikel *Silica Fume* dan serbuk kaca yang halus (lolos saringan No. 200). Pada penggunaan *Silica Fume* 15%, *Superplasticizer* 1,5% dan Serbuk Kaca 15% pada umur beton 28 hari didapat kuat tekan beton *optimum* yaitu kekuatan yang tertinggi yang paling besar dari lainnya yaitu 659,590 kg/cm², hasil ini memang telah melampaui dari mutu beton yang direncanakan (600 kg/cm²) namun belum mencapai kuat tekan beton secara maksimum yaitu sebesar 706,60 kg/cm².

Dengan bertambah besarnya penggunaan *Silica Fume* dan serbuk kaca didapat nilai slump yang kecil, hal ini disebabkan dan serbuk kaca bersifat menyerap air, kecuali pada komposisi *SF* 20%, *SP* 2% dan *SK* 20%. Penggunaan *Silica Fume* dan serbuk kaca pada beton sebagai bahan tambahan pengganti semen dengan kadar >15% dari berat semen dapat menurunkan mutu beton, hal ini disebabkan karena penyerapan air yang terlalu besar oleh *Silica Fume* dan serbuk kaca sehingga air yang dibutuhkan untuk hidrasi tidak cukup mengakibatkan kekuatan beton menjadi rendah. Penggunaan *Superplasticizer* pada campuran beton adalah untuk mempermudah pengerjaan beton/menjadikan campuran beton menjadi lebih encer namun tidak memberikan berpengaruh yang besar terhadap peningkatan mutu beton yang akan dihasilkan.

Saran

Perlu diadakan penelitian lebih lanjut pengaruh penggunaan semen pada campuran beton yang menggunakan berbagai merk semen dengan metode yang lain untuk mengetahui keefektifan secara ekonomis dan secara teoritis karena dengan menggunakan metode yang lain

akan didapat kubikasi bahan/material, kuat tekan yang lain pula.

Mengacu kepada hasil penelitian dan kesimpulan maka peneliti menyarankan agar untuk penggunaan bahan *additive* berupa *Silica Fume*, *Superplasticizer* dan Serbuk Kaca pada campuran beton hendaknya dibatasi pada pencampuran sebesar 15 % untuk SF dan SK serta 1,5% untuk penggunaan SP dari berat semen pada tiap campurannya, sebab pada campuran SF dan SK sebesar 20 % serta SP 2% atau lebih terjadi penyerapan air yang besar pada campuran beton.

Untuk menghasilkan beton yang bermutu sebaiknya jangan menggunakan semen jenis komposit atau biasa disebut dengan istilah *PCC (Portland Composit Cement)* yang berat jenisnya berkisar antara 2,5 – 2,9 gram/ml yang bebas beredar dipasaran, sebaiknya semen yang digunakan adalah semen portland atau yang biasa kita kenal dengan sebutan *PC (Portland Cement)* yang berat jenisnya lebih besar yaitu berkisar antara 3,1 – 3,3 gram/ml (berdasarkan SII) namun kendalanya adalah semen jenis ini saat ini sudah tidak beredar bebas lagi di pasaran (masuk ke dalam kategori semen khusus dan diproduksi dalam bentuk curah).

Mutu/kualitas agregat yang digunakan juga harus diperhatikan pada suatu campuran beton karena agregat yang baik (gradasinya, berat jenis, kekerasan, tekstur permukaan, dan lain-lain) juga mempengaruhi kualitas beton yang akan dihasilkan. Metode pelaksanaan terutama pada proses pengecoran ke dalam cetakan hendaknya benar-benar diperhatikan dan disesuaikan dengan keadaan/kondisi campuran untuk mendapatkan keadaan beton yang diinginkan, dan dapat dimulai dari memperhatikan hal-hal yang kecil, misalnya kebersihan dan sebagainya.

Untuk menghasilkan beton dengan kekuatan yang diinginkan tidak hanya sekedar melakukan *Trial Mix* di laboratorium, tetapi perlu dilakukan studi secara menyeluruh baik dari studi material,

campuran atau adukan hingga perawatannya.

Jika *Silica Fume* digunakan bersamaan dengan bahan tambahan bersifat cair (*SP*), maka volume semen yang digunakan sebaiknya jangan dikurangi, namun tetap pada volume awal kebutuhan untuk tiap-tiap komposisinya dan tetap ditambahkan *Silica Fume* sesuai dengan persentase kebutuhan untuk masing-masing komposisi campuran beton yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aman Subakti, 1995, *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya
- Antono, A, 1995, **TEKNOLOGI BETON**, Penerbit Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Antono, A, 1995, **BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK SIPIL**, Penerbit Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Civil Engineering Portal, <http://www.engineeringcivil.com/>, portal khusus untuk teknik sipil
- Dicky Rezady Munaf, Dkk. 2003, *Concrete Repair and Maintenance*, Yayasan John Hi-Tech Idetama. Jakarta.
- Kosmatka, Steven H., Kerkhoff, Beatrix, dan Panarese, William C., 2003., *Design and Control of Concrete Mixture*.,Portland Cement Association, Illionis.
- Mehtar, P. Kumar, dan Monteiro, Paulo J.M., 2006., *Concrete – Microstructure, Properties and Materials, 3rd edition*., McGraw-Hill, New York.
- Murdock, L. J., dan Brook, K. M., 1986, **BAHAN DAN PRAKTEK BETON**, Terjemahan, Erlangga, Jakarta.

Ridwan Suhud Dkk, 1993, *Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton*, ITB. Bandung.

-----, **SK SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03), TATA CARA PERHITUNGAN CAMPURAN BETON BERKEKUATAN TINGGI**, Yayasan Penyelidik Masalah Bangunan, Bandung.

Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1992, **TEKNOLOGI BETON**, Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.