

KAJIAN KUAT TARIK BELAH PADA PERENCANAAN BETON DENGAN ADDITIVE SILICA FUME MENGGUNAKAN METODA AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (AGREGAT HALUS GUNUNG SUGIH DAN AGREGAT KASAR TANJUNGAN LAMPUNG)

Sari Utama Dewi

Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro
Jl.Ki Hajar Dewantara No.166 Kota Metro Lampung 34111, Indonesia
e-mail : sariutamadewi123@yahoo.com

Abstract

During the tensile strength of concrete is very difficult to measure than concrete press. Your analysis and experimental research on the use of additives such as Silica Fume and Sikament-NN was conducted to determine the value of the concrete tensile strength variation Silica Fume adding 0%, 5%, 10%, 15% and 20%. This study used a sample test cylinder diameter of 15 cm and height of 30 cm were performed at age 28 days and required 3 test specimens for each of the various levels of the addition of Silica Fume and Sikament-NN. With the addition of Silica Fume 4 variation of 5%, 10%, 15% and 20% and Sikament-NN 0.5%, 1%, 1.5% and 2% of the test specimen obtained a total of 27 units of the test specimen. The result showed that the influence of Silica Fume on the concrete mix can increase kelecakan concrete, it is influenced by particle shape Silica Fume smooth particles. The greater the importance of the use of Silica Fume slump value is small, it is because of Silica Fume absorbs water. On the use of Silica Fume 15% at 28 days of concrete age obtained optimum tensile strength of concrete is 41.52 kg/cm², but the result have not yet reached the planned tensile strength that is equal to 60 kg/cm². Use of Silica Fume as additive in concrete with cement replacement levels of > 15% of the weight of cement can reduce the quality of concrete. It is due to water absorption by Silica Fume too large so that the water needed for the hydration is not enough lead into a low concrete strenght. From table-NN Sikament addition of 0.5% and Silica Fume 15% at 28 days of concrete to increase the strength of the highest (551.07 kg/cm²) compared to the percentage that the addition of another 1%, 1.5% and 2% for the addition Sikament-NN and 5%, 10% and 20% for the addition of Silica Fume, from research and from the statements above show that the compressive strength of concrete with the addition of Sikament-NN of 0.5% and Silica Fume for 15% was recommended for use on a concrete plan when using additional materials as mentioned above. Means it can be concluded the use Sikament-NN and Silica Fume should be used to the extent of 0.5% and 15% and more of it is not effective anymore.

Keywords : *Silica Fume, planned tensile strength, American Concrete Institute.*

Pendahuluan

Struktur bangunan pada saat ini tidak terlepas dari apa yang dinamakan beton. Pekerjaan beton sangat mudah dijumpai dalam setiap kegiatan pembangunan konstruksi yang mana beton digunakan untuk setiap proyek

pembangunan diantaranya konstruksi Jalan, Jembatan, Perumahan, Bangunan Gedung, Bendungan dan Saluran Irigasi. Beton saat ini banyak digunakan dalam suatu kegiatan proyek konstruksi yang mana beton 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.

Struktur beton bertulang didesain untuk memenuhi kriteria keamanan (*safety*) dan layak-pakai (*serviceability*). Untuk memenuhi kriteria layak-pakai maka besarnya retak dan lendutan struktur pada kondisi beban kerja harus dapat diestimasi dan memenuhi kriteria tertentu.

Sedangkan untuk memenuhi kriteria keamanan maka struktur harus didesain mempunyai suatu angka keamanan terhadap beban runtuh, karena itu perkiraan besarnya beban runtuh (batas) sangat penting. Selain nilai absolut beban yang menyebabkan keruntuhan, maka perilaku struktur saat runtuh juga perlu diketahui, apakah bersifat daktail (mengalami deformasi besar sebelum runtuh), atau tiba-tiba (non-daktail).

Beton mempunyai kekuatan tekan yang cukup besar, namun sangat lemah terhadap tarik. dan regangan pada beton. Karena itu penggunaan beton selalu dipadukan dengan bahan yang mempunyai kuat tarik tinggi yaitu baja. Beton dengkantulangan baja adalah perpaduan yang sangat kuat, sehingga beton bertulang banyak digunakan sebagai bahan bangunan.

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan yang bersifat getas. Nilai kuat tarik hanya berkisar 9% - 15% saja dari kuat tekannya. Umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat membantu kelemahan dari beton, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik sehingga dapat bekerja sama sebagai komponen struktur bangunan. Kekuatan beton yang paling umum digunakan adalah bekisar sekitar 3000 sampai 6000 psi.

Beban-beban yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban gravitasi (berarah vertikal) maupun beban-beban

lain, seperti beban angin (dapat berarah horizontal), atau juga beban karena susut dan beban karena perubahan temperatur, menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur. Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar.

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 disarankan adalah sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% untuk penggunaan *Silica fume*, di mana semua variasi tersebut mengacu dari berat semen yang digunakan pada campuran beton.

Tinjauan Pustaka

1. Umum

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971), beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen Portland dan air (tanpa additive). Sedangkan SK.SNI T-15-1990-03 mendefinisikan beton sebagai campuran antara semen Portland atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan.

Nilai kekuatan tekan dari beton (SK.SNI.M-10-1991-03) diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) yang dibebani dengan gaya tekan sampai benda uji hancur. Nilai kuat tarik beton sangat kecil, berkisar antara 9% - 15 % dari kuat tekannya. Sehingga untuk menambah kuat tarik beton dapat dilakukan dengan diberi tulangan yang mampu menahan gaya tarik.

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200 - 2500 kg/m³

menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah serta tidak menggunakan bahan tambahan [SNI 03-2834-1992].

Bila ditinjau dari kuat tekan beton, beton normal adalah beton yang mempunyai nilai kuat tekan 17,5 – 40 Mpa. Seiring dengan peningkatan kekuatan tekan beton maka kinerja dari beton tersebut juga akan meningkat, diantaranya adalah durabilitas, modulus elastisitas, permeabilitas dan daya tahan terhadap panas dan korosi.

Tiga hal penting yang perlu diketahui dari sifat-sifat beton adalah :

- a. Kemudahan Pekerjaan (*workability*)
Workability merupakan ukuran dari tingkat kemudahan atau kesulitan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan yang mengandung unsur-unsur seperti jumlah air pencampur, kandungan semen, gradasi campuran pasir-kerikil, bentuk butiran agregat kasar dan cara pemadatan serta alat pemadatan. Perbandingan bahan-bahan maupun sifat bahan-bahan ini secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton segar.
- b. Pemisahan kerikil (*Segregation*)
Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Segregasi disebabkan oleh beberapa hal, antara lain campuran kurang semen, terlalu banyak air, besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm dan permukaan butir agregat kasar, semakin kasar permukaan butir agregat. Untuk mengurangi kecenderungan terjadinya segregasi maka dapat dicegah dengan cara tinggi jatuh diperpendek, penggunaan air sesuai dengan syarat, ukuran agregat sesuai dengan syarat dan pemadatan baik.

- c. Pemisahan Air (*Bleeding*)
Kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput. *Bleeding* dipengaruhi oleh susunan butir agregat, banyaknya air, kecepatan hidrasi dan proses pemadatan. *Bleeding* dapat dikurangi dengan cara memberi lebih banyak semen, memberi air sesedikit mungkin dan menggunakan butir halus lebih banyak

2. Beton Mutu Tinggi (HSC/*High Strength Concrete*)

Beberapa faktor utama yang bisa menentukan keberhasilan pengadaan beton bermutu tinggi, diantaranya adalah :

- a. Keadaan semen.
- b. Faktor air semen (fas) yang rendah.
- c. Kualitas agregat halus (pasir).
- d. Kualitas agregat kasar (batu pecah/krikil).
- e. Penggunaan admixture dan aditive mineral dalam kadar yang tepat.
- f. Prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton.
- g. Pengawasan dan pengendalian yang ketat pada keseluruhan prosedur dan mutu pelaksanaan.

3. Kuat Tarik

Kekuatan tarik beton relative rendah. Nilai kuat tekan dan tarik bahan beton tidak berbanding lurus. Kekuatan tarik lebih sulit diukur dibandingkan kekuatan tekan, untuk beton normal berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya. Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan 0,5 – 0,6 kali $\sqrt{f_c}$, sehingga untuk beton normal digunakan nilai $0,57\sqrt{f_c}$. Pengujian tersebut menggunakan benda uji silinder beton

berdiameter 15 cm dan panjang 30 cm, diletakkan pada arah memanjang diatas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung ke ujung.

Besarnya tegangan tarik pada beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f = \frac{2P}{\pi LD}$$

Dengan :

- f = kuat tarik belah beton (N/mm²)
- P = beban maksimum yang diberikan (N)
- D = diameter benda uji silinder (mm)
- L = panjang benda uji silinder (mm)

4. Material Penyusun Beton

a) Semen

Semen dapat didefinisikan adalah suatu bahan perekat yang berbentuk serbuk halus, bila ditambah air akan terjadi reaksi hidrasi sehingga dapat mengeras dan digunakan sebagai pengikat (*mineral glue*).

Pada umumnya semen berfungsi untuk :

1. Mengikat pasir dan kerikil agar terbentuk beton.
2. Mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat.

Tabel 1. Komposisi Limit Semen Portland

Oksida	Komposisi (% berat)
Kapur (CaO)	60 – 67
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumunia (Al ₂ O ₃)	3,0 – 8,0
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6,0
Magnesia (MgO)	0,1 – 5,5
Alkali	0,1 – 1,3
Sulfur (SO ₃)	1,0 – 3,0

Sumber : AM. Neville, *Concrete Technology*, 1987

b) Agregat Halus

Agregat merupakan bahan utama pembentuk beton disamping pasta semen. Kadar agregat dalam campuran berkisar antara 60-80 % dari volume total beton. Oleh karena itu kualitas agregat berpengaruh terhadap kualitas beton (Nugroho, 1983). Yang dimaksud dengan agregat halus (pasir) adalah butiran-butiran mineral keras dan halus yang bentuknya mendekati bulat, Butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar.

Tabel 2. Agregat halus menurut ASTM C33-92a

Ukuran Saringan (mm)	Prosentase Lolos Saringan
4,5	100
2,36	95 – 100
1,18	80 – 100
0,6	50 – 85
0,3	25 – 60
0,15	10 – 30
0,075	2 – 15
Pan	0 – 5

Agregat disebut agregat halus jika butirannya kurang atau sama dengan 4,75 mm (No.4 ASTM C33).

- a. Gradasi Agregat Halus, batas gradasi agregat halus Menurut ASTM dapat dilihat pada tabel di atas.
- b. Modulus Halus Butir (MHB), syarat modulus halus butir (MHB) untuk beton menurut ASTM yaitu 2,20% – 3,10%. MHB 2,5 s/d 3,0 disarankan untuk beton mutu tinggi (*Larrard, 1990*).
- c. Berat Jenis (*Spesific Gravity*), syarat berat jenis agregat halus menurut ASTM yaitu 1.60 – 3.2 kg/liter.

- d. Absorpsi (Penyerapan Air), syarat absorpsi (penyerapan) menurut ASTM 0,2% – 2,0%.
- e. Berat Volume, spesifikasi agregat kasar menurut ASTM C29 yaitu 1,6 – 1,9 kg/liter.
- f. Kadar air, spesifikasi kadar air agregat menurut ASTM yaitu 3% - 5%.
- g. Kadar Lumpur, kadar lumpur agregat beton menurut spesifikasi ASTM yaitu 0,2%-6,0%.

c) Agregat Kasar

Yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih dari 5 mm (PBI 1971). Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk batu pecah/split.

Karakteristik agregat kasar

- a. Gradasi Agregat Kasar, gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran agregat atau proporsi dari macam-macam ukuran butir agregat berdasarkan analisa saringan. Syarat gradasi menurut ASTM dapat dilihat tabel 2.3.

Tabel 3. Agregat kasar menurut ASTM C33-92a

Ukuran Saringan (mm)	Prosentase Lolos Saringan
25	100
19	90 - 100
9,5	20 - 55
4,75	0 - 10
2,36	0 - 5
Pan	0 - 2

- b. Modulus Halus Butir (HMB), modulus kehalusan butir (*Fineness Modulus*) atau MHB. Spesifikasi modulus halus butir agregat kasar menurut ASTM yaitu 5,5% – 8,5%.

- c. Absorpsi dan Berat Jenis (*Specific Gravity*) Agregat Kasar, spesifikasi agregat untuk beton normal menurut ASTM adalah berat jenis agregat kasar yaitu 1,60–3,20 kg/liter dan absorpsi pada nilai 0,2 – 4,0%. Untuk beton mutu tinggi akan baik dengan absorpsi kurang dari 1%.
- d. Berat Volume Agregat Kasar, spesifikasi berat volume agregat kasar menurut ASTM yaitu 1,6 – 1,9 kg/liter.
- e. Kadar Air Agregat Kasar, spesifikasi kadar air agregat kasar menurut ASTM yaitu 0,5% - 2,0%.
- f. Persentase Keausan, spesifikasi keausan agregat beton menurut ASTM yaitu 15%-50%.
- g. Kadar Lumpur, kadar lumpur agregat beton menurut spesifikasi ASTM yaitu 0,2%-1,0%.

d) 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.

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

5. Zat Additive (*Silica Fume*)

Menurut standar ”*Spesification for Silica Fume faor Use in Hydraulic Cement Concrete and Mortal*” (ASTM.C.1240,1995: 637-642), *silica*

fume adalah material *pozzolan* yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau alloy besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara micro silica dengan *silica fume*). *Silica fume* berbentuk serbuk dan diperoleh dari proses penggilingan pasir *silica* sampai mencapai kehalusan tertentu (ukuran partikel rata-rata 70 μm) dengan kandungan SiO_2 lebih dari 90 %.

Karakteristik dari *silica fume* antara lain :

- a. Meningkatkan kuat tekan beton.
- b. Meningkatkan ketahanan beton terhadap korosi.
- c. Meningkatkan kohesi beton atau ketahanan beton terhadap segregasi
- d. Meningkatkan adhesi beton.
- e. Meningkatkan ketahanan beton terhadap listrik.
- f. Meningkatkan ketahanan beton terhadap abrasi
- g. Meningkatkan ketahanan beton terhadap sulfur
- h. Meningkatkan ketahanan beton dari serangan kimia lainnya

• Cara Kerja *Silica Fume*

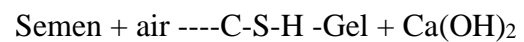
Sebagai campuran pada adukan beton, *silica fume* bekerja dalam dua level atau tahap. Tahap yang pertama didefinisikan sebagai reaksi kimia yang disebut reaksi *pozzolanic*, sedangkan tahap kedua disebut *particle packing*. Reaksi *silica fume* secara keseluruhan bergantung pada proses hidrasi antara semen dan air.

Pada reaksi *pozzolanic*, ketika *silica fume* ditambahkan kedalam beton segar atau adukan beton maka SiO_2 dari *silica fume* tersebut akan bereaksi dengan CH untuk membentuk CSH tambahan. Dengan hal ini, maka rekatan antara pasta dan agregat akan meningkat sehingga kemudian dapat meningkatkan kekuatan tekan beton padat. Selain meningkatkan kekuatan tekan, CSH tambahan yang dihasilkan dari *silica fume* ini ternyata

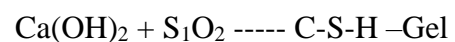
lebih dapat menahan serangan kimiawi dari pada CH biasa.

Fungsi kedua dari *silica fume* adalah sifat fisiknya yaitu sebagai *filler*. Karena ukuran partikelnya yang mencapai 100 sampai 150 kali lebih kecil dari partikel semen. Fungsi ini disebut "*particle packing*", yaitu *silica fume* menghaluskan struktur mikro beton dan menurunkan kandungan lubang pada struktur beton tersebut. Beton yang menggunakan *silica fume* mempunyai ketahanan terhadap air yang lebih tinggi dari pada beton biasa karena *silica fume* ini mengurangi jumlah dan ukuran dari kapiler beton yang memungkinkan air masuk kedalam beton.

Reaksi hidrasi pada beton pada umumnya dipahami sebagai reaksi pengerasan beton karena pengikatan oleh semen, yang dapat dinyatakan dengan persamaan :



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 SiO_2 yang merupakan kandungan terbesar dari *Silica Fume*, yang kemudian menghasilkan senyawa C-S-H. Reaksi tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :



- Komposisi Kimia dan Fisika *Silica Fume*.

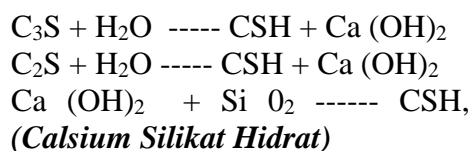
Tabel 4. Kandungan Kimia *Silica Fume*

No.	Kandungan Oksida	% Berat
1	Silikat (SiO ₂)	92,1
2	Alumina (Al ₂ O ₃)	0,5
3	Besi (Fe ₂ O ₃)	1,4
4	Magnesium (MgO)	0,3
5	Alkali (Na ₂ O)	0,3
6	KO ₂	0,7
7	CaO	0,5
8	Hilang Pijar	2,8

Tabel 5. Sifat-Sifat Fisika *Silica Fume*

No.	Sifat Fisik	Penjelasan
1	Warna	Abu-abu gelap
2	Berat jenis	2,2
3	Berat volume	200-300 kg/m ³
4	Kehalusan	20.000 kg/m ²
5	Diameter	0,1 µm (1/100 diameter semen)

Manfaat Penggunaan *Silica Fume* :
 Mengurangi Permeabilitas Beton.
 Peningkatan *Performances* Mekanis Beton.
 Peningkatan Resistensi Sulfate Beton.
 Peningkatan Perlindungan Korosi Tulangan.
 Adapun reaksi kimia *Silica Fume* terhadap beton adalah sebagai berikut :



6. 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 dilapangan, 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.

Metode Penelitian

1. 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.

2. 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

3. 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. Ketebalan logam tersebut tidak boleh lebih kecil dari 1,5 mm dan bila dibentuk dengan proses pemutaran (*spinning*), maka tidak boleh ada titik dalam cetakan yang ketebalannya lebih kecil dari 1,15 mm.

Cetakan harus berbentuk kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, tinggi 305 mm. Permukaan dasar dan permukaan atas kerucut harus terbuka dan sejajar satu dengan yang lain serta tegak lurus terhadap sumbu kerucut. Batas toleransi untuk

masing-masing diameter dan tinggi kerucut harus dalam rentang 3,2 mm dari ukuran yang telah ditetapkan. Cetakan harus dilengkapi dengan bagian injakan kaki dan untuk pegangan. Bagian dalam dari cetakan relatif harus licin dan halus, bebas dari lekukan, deformasi atau mortar yang melekat. Cetakan harus dipasang secara kokoh di atas pelat dasar yang tidak menyerap air. Pelat dasar juga harus cukup luas agar dapat menampung adukan beton setelah mengalami slump/penurunan.

4. Prosedur Perbandingan Campuran

Menentukan Slump dan Kekuatan Beton yang diinginkan

1. Menentukan Ukuran Agregat Kasar Maksimum
2. Menentukan Kadar Air Agregate Kasar Optimum
3. Estimasi Kadar Air Pencampur dan Kadar Udara.
4. Menentukan w/c+p
5. Menghitung Kadar Bahan Bersifat Semen
6. Perbandingan Dasar Campuran dengan Bahan Semen lainnya
7. Perbandingan Campuran Gabungan dengan Menggunakan *Additif Trial mix*
8. Perkiraan Perbandingan Campuran
9. Menentukan Perbandingan optimum Campuran

5. Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan yaitu benda uji silinder sebanyak 20 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 :

- a. Dibuat 4 tipe campuran untuk masing-masing bahan additif yang terdiri dari :

Campuran I dengan penambahan Silica Fume 5 %

Campuran II dengan penambahan Silica Fume 10 %

Campuran III dengan penambahan Silica Fume 15 %

Campuran IV dengan penambahan Silica Fume 20 %

- b. Setiap campuran diukur nilai slumpnya.
- c. Setiap campuran dibuat 3 buah benda uji, yaitu untuk pengujian kuat tekan pada umur 28 hari.
- d. Kemudian cetakan dibuka dan dilakukan perawatan dengan cara mempertahankan kelembaban benda uji yaitu direndam dalam bak atau dimasukkan ke dalam desikator (alat pendingin).
- e. Perawatan beton ini dimaksudkan untuk mencegah suhu beton yang tinggi atau penguapan air secara berlebihan yang dapat mengurangi kekuatan beton.

6. Pengujian Benda Uji

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

7. Analisa Hasil Penelitian.

Data-data yang diperoleh kemudian dianalisa yang berupa :

- a. Data hasil pengujian slump untuk masing-masing tipe campuran ditabelkan.
- b. Data hasil pengujian kuat tarik dijadikan tegangan tarik dengan menggunakan persamaan.
- c. Menghitung besarnya perbedaan kuat tarik beton dengan bahan tambahan *Silica Fume* dan beton tanpa bahan tambahan/beton normal kemudian ditabelkan.

Hasil Dan Pembahasan

1. Agregat Halus (Pasir)

Tabel 6. Parameter Hasil Pengujian Agregat Halus/Pasir

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Analisa saringan	Baik
2	Kadar Air	1.9 %
3	Berat Volume	1.64 gr/cm ³
4	Kadar Lumpur	0.96 %
5	Modulus Kehalusan Pasir	3.11 %
6	Berat Jenis SSD	2.52 gr
7	Berat Jenis Semu (Apparent)	2.75 gr
8	Berat Jenis (Bulk)	2.39 gr
9	Penyerapan	5.48 %

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

2. Agregat Kasar (Split/Batu Pecah)

Tabel 7. Parameter Hasil Pengujian Agregat Kasar/Batu Pecah

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Analisa Saringan	Baik
2	Kadar Air	0.81 %
3	Berat Volume	1.59 gr/cm ³
4	Kadar lumpur	0.67 %
5	Berat jenis SSD	2.21 gr
6	Berat Jenis Semu (Apparent)	2.26 gr
7	Berat Jenis (Bulk)	2.17 gr
8	Penyerapan	1.9 %
9	Abrasion	10,76%

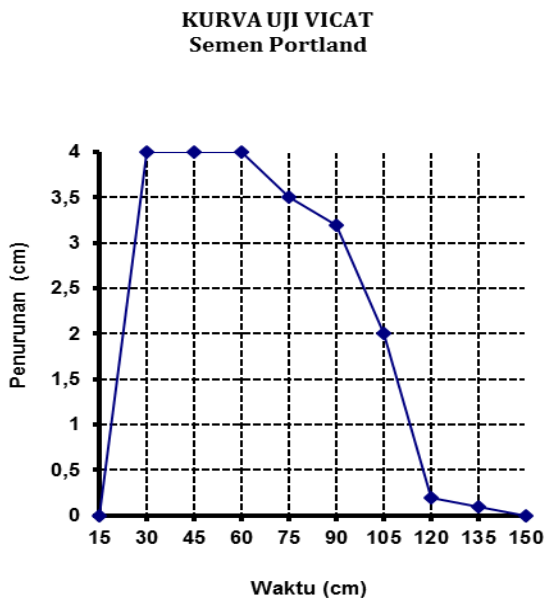
Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

3. Waktu Pengikatan Semen

Tabel 8. Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Semen Holcim

Penurunan (cm)	Waktu (mnt)
4	30
4	45
4	60
3,5	75
3,2	90
2	105
0,2	120
0,1	135
0	150

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium



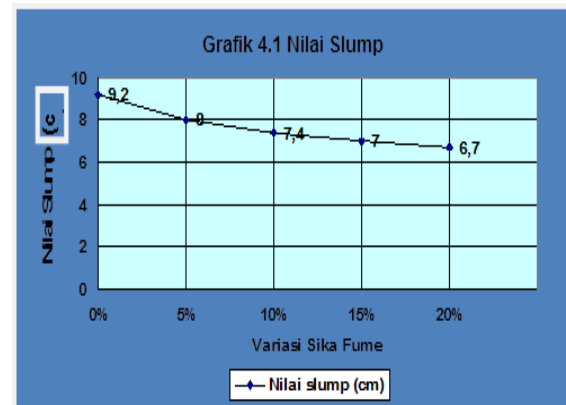
Gambar 1. kurva uji vicat

4. Keleccakan Adukan Beton (Workability)

Tabel 9. Nilai Pengujian Slump

Variasi kadar penambahan <i>SilicaFume</i> (%)	Nilai Slump (cm)
0	9,2
5	8
10	7,4
15	7
20	6,7

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium



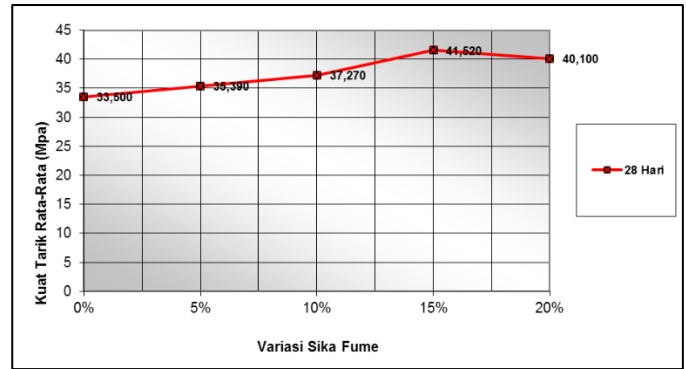
Gambar 2. Grafik Nilai Slump

5. Kuat Tarik Beton

Tabel 10. Hasil Test Kuat Tarik

UmurBeton : 28 hari
Sampel : Silinder 15 x 30
Beton cm

No	Kode	Tgl Cor	Tgl Test	Berat (kg)	Load (ton)	f (kg/cm ²)
1	SF 0%	8 Maret 2013	4 April 2013	13.00	23	32,55
2	SF 0%	8 Maret 2013	4 April 2013	13.40	24	33,97
3	SF 0%	8 Maret 2013	4 April 2013	13.30	24	33,97
Kuat Tarik Rata-Rata						33,50
1	SF 5%	8 Maret 2013	4 April 2013	13.00	25	35,39
2	SF 5%	8 Maret 2013	4 April 2013	13.40	25	35,39
3	SF 5%	8 Maret 2013	4 April 2013	13.30	25	35,39
Kuat Tarik Rata-Rata						35,39
1	SF 10%	8 Maret 2013	4 April 2013	12,60	26	36,80
2	SF 10%	8 Maret 2013	4 April 2013	13,20	27	38,22
3	SF 10%	8 Maret 2013	4 April 2013	13,10	26	36,80
Kuat Tarik Rata-Rata						37,27
1	SF 15%	8 Maret 2013	4 April 2013	12,90	29	41,05
2	SF 15%	8 Maret 2013	4 April 2013	13,00	29	41,05
3	SF 15%	8 Maret 2013	4 April 2013	13,20	30	42,46
Kuat Tarik Rata-Rata						41,52
1	SF 20%	8 Maret 2013	4 April 2013	13,00	28	39,63
2	SF 20%	8 Maret 2013	4 April 2013	13,10	28	39,63
3	SF 20%	8 Maret 2013	4 April 2013	13,20	29	41,05
Kuat Tarik Rata-Rata						40,10



Gambar 3. Hubungan kuat tarik beton dengan variasi penambahan *Silica Fume*

Tabel 11. Persentase peningkatan kuat tarik beton rata-rata setelah ditambahkan *Silica Fume* terhadap beton normal

Variasi Penambahan bahan	Kuat Tarik Rata-Rata (Kg/cm ²)	
	% Peningkatan	28 Hari
0%	0 %	33,50
5%	5,64 %	35,39
10%	11,25 %	37,27
15%	23,94 %	41,52
20%	19,70 %	40,10

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan di Laboratorium

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian laboratorium didapat nilai Kuat Tarik Beton Rata-rata sebesar 4,152 Mpa, hasil Kuat Tarik yang didapat tersebut tidak mencapai nilai Kuat Tarik yang direncanakan yaitu berkisar 9 – 15% dari kuat tekan yaitu 5,625 – 9,375 Mpa. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa hal yaitu: material penyusun beton seperti semen, agregat halus dan kasar yang kurang baik mutunya, metode pencampuran dan pembuatan benda uji dan perawatan (*curing*).

2. Kuat tarik beton yang optimum didapat pada penggunaan *Silica Fume* 15% pada umur beton 28 hari.
3. Semakin besar kadar silica fume pada adukan beton maka kelecekan beton semakin berkurang hal ini terjadi karena butiran silica fume sangat halus sehingga memerlukan air yang lebih banyak untuk membasahi permukaan butiran *silica fume*.
4. Dengan bertambah besarnya penggunaan *Silica Fume* didapat nilai slump yang kecil, hal ini disebabkan *Silica Fume* bersifat menyerap air.

Saran

1. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan menggunakan agregat kasar dan agregat halus dari lokasi lain di Provinsi Lampung.
2. Perlu dilakukan pengujian yang lebih teliti lagi dari aspek perencanaan *trial mix*, pembuatan dan perawatan benda uji, serta pengujian.
3. Penelitian tidak hanya terbatas pada kuat tarik saja, tetapi perlu diteliti kuat tekan dan penambahan admixture (*superplasticizer*) supaya dihasilkan mutu beton yang baik dan sesuai.

Daftar Pustaka

- [1] Aman Subakti, 1995, Teknologi Beton Dalam Praktek, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- [2] Antono, A, 1995, TEKNOLOGI BETON, Penerbit Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- [3] Murdock, L J , dan Brook, K M , 1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Terjemahan, Erlangga, Jakarta.
- [4] Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1992, TEKNOLOGI BETON, Buku Ajar

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

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