

PENGARUH PEMANFAATAN ABU TERBANG (*FLY ASH*) DALAM BETON MUTU TINGGI

(Effect Of The Use Of Fly Ash Concrete In High Quality)

Oleh : Mardiono

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Gunadarma Jakarta

Abstract

Various studies and experiments in the field of concrete as part of efforts to improve the quality of concrete, material technology and implementation techniques derived from the research and experiments are intended to answer the increasingly high demands on the use of concrete as well as overcome obstacles that often occur in the implementation of job in the field. One way to increase the strength of concrete is to increase the compacting, which minimizes pores or cavities formed in the concrete. The use of additive (admixture) can help solve the problem.

The purpose of this research is to obtain high-strength concrete compressive strength and to know how far the influence of replacement of cement with fly ash for the quality of concrete compressive strength. Composition of the replacement of cement with fly ash as much as 0%, 10%, 20%, 30% and 40% by weight of cement, with the addition of superplasticizer Sika viscocrete 10 as much as 1% and water cement factor is determined the same in all variations of the mixture. The sample used was a cube (15 cm x 15 cm x 15 cm), the quality of the planned 40 MPa concrete at 28 days. Samples were tested at ages 7, 14, 21, and 28 days, with prior treatment before testing. Total sample size of 60 samples, consisting of 5 variations and each variation of 12 samples. From the research shows that the highest compressive strength of concrete mixtures contained in the replacement of cement with Fly Ash 10% (B10), amounting to 41.57 MPa and compressive strength of the lowest found on the mix of concrete with Fly Ash 40% (B40), namely amounted to 33.91 MPa. Effect of Fly Ash in high strength concrete is a fine grain of Fly Ash in concrete is more dense because the cavity between the grains of aggregate filled by Fly Ash, so as to minimize the pores that exist and exploit properties of fly ash pozzolan. In addition, the use of Fly Ash by a certain measure been able to increase the strength of concrete.

Keywords : high quality concrete, compressive strength, superplasticizer, and fly ash.

Abstrak

Berbagai penelitian dan percobaan dibidang 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 pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan beton adalah meningkatkan pematatannya, yaitu meminimumkan pori atau rongga yang terbentuk di dalam beton. Penggunaan bahan tambah (*admixture*) dapat membantu memecahkan permasalahan tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kuat tekan beton mutu tinggi dan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian semen dengan abu terbang (*Fly Ash*) terhadap mutu kuat tekan beton. Komposisi penggantian semen dengan abu terbang (*Fly Ash*) sebanyak 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% dari berat semen, dengan penambahan *Superplasticizer* Sika Viscocrete 10 sebanyak 1% dan faktor air semen ditentukan sama pada semua variasi campuran. Sampel yang digunakan adalah berbentuk kubus (15 cm x 15 cm x 15 cm), mutu beton yang direncanakan 40 MPa pada umur 28 hari. Sampel diuji pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari, dengan terlebih dahulu dilakukan perawatan sebelum pengujian. Jumlah sampel sebanyak 60 sampel, terdiri dari 5 variasi dan masing-masing variasi sebanyak 12 sampel. Dari penelitian diperoleh bahwa kuat tekan beton yang tertinggi terdapat pada campuran beton penggantian semen dengan *Fly Ash* 10% (B10), yaitu sebesar 41,57 MPa dan kuat tekan beton yang terendah terdapat pada campuran beton dengan *Fly Ash* 40% (B40), yaitu sebesar 33,91 MPa. Pengaruh *Fly Ash* dalam beton mutu tinggi adalah butiran *Fly Ash* yang halus membuat beton lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh *Fly Ash*, sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozzolan dari *Fly Ash*. Selain itu penggunaan *Fly Ash* dengan takaran tertentu terbukti dapat meningkatkan kekuatan beton.

Kata Kunci : Beton mutu tinggi, kuat tekan, *superplasticizer*, dan *fly ash*.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu masalah yang sangat berpengaruh pada kuat tekan beton adalah adanya porositas. Porositas dapat diakibatkan adanya partikel-partikel bahan penyusun beton yang relatif besar, sehingga kerapatan tidak dapat maksimal. Partikel terkecil bahan penyusun beton konvensional adalah semen. Untuk mengurangi porositas semen dapat digunakan bahan tambah mineral yang bersifat pozzolan dan mempunyai partikel sangat halus. Salah satu bahan tambah mineral

tersebut adalah abu terbang (*Fly Ash*). *Fly Ash* adalah sisa hasil proses pembakaran batubara yang keluar dari tungku pembakaran PLTU.

Besar dan kecilnya porositas juga dipengaruhi besar dan kecilnya f.a.s (faktor air semen) yang digunakan. Semakin besar f.a.s-nya porositas semakin besar, sebaliknya semakin kecil f.a.s-nya porositas semakin kecil. Untuk mendapatkan beton mutu tinggi maka harus dipergunakan f.a.s rendah, namun jika f.a.s-nya terlalu kecil pengerjaan beton akan menjadi sangat sulit, sehingga pematatannya tidak bisa maksimal dan akan mengakibatkan beton menjadi keropos, hal tersebut berakibat menurunnya kuat tekan beton. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dipergunakan *Superplasticizer* yang sifatnya dapat mengurangi air (dengan menggunakan fas kecil) tetapi tetap mudah dikerjakan

Berdasarkan perumusan masalah tersebut, maka penelitian ini mempunyai tujuan untuk merancang campuran beton mutu tinggi dengan bahan tambah *Fly Ash* dan *Superplasticizer*, kemudian diperoleh hasil kuat tekan, nilai slump, kadar masing-masing bahan (air, semen, agregat, *fly ash* dan *superplasticizer*) dalam campuran. Dengan penambahan zat *additive* tersebut ditargetkan kuat tekan yang dicapai > 40 MPa untuk benda uji kubus ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm pada umur 28 hari.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini akan dilakukan *mix design* untuk mendapatkan beton mutu tinggi dengan kuat tekan 40 MPa, dengan menggunakan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen. Hasil *mix design* selanjutnya dibuat benda uji dengan kubus ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm, dengan 5 variasi campuran yaitu beton tanpa *fly ash* (BN), beton dengan *fly ash* 10% (B10), 20% (B20), 30% (B30), dan 40% (B40), masing-masing variasi campuran terdiri dari 12 sampel, sehingga total benda uji sebanyak 60 buah.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perkembangan kuat tekan beton mutu tinggi dengan penambahan *fly ash* pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Beton

Beton merupakan ikatan dari material-material pembentuk beton, yaitu terdiri dari campuran agregat (kasar dan halus), semen, air, dan pula ditambah dengan bahan campuran tertentu apabila dianggap perlu. Bahan air dan semen disatukan akan membentuk pasta semen berfungsi sebagai bahan pengikat, sedangkan agregat halus dan agregat kasar sebagai pengisi (Nugraha, Paul dan Antoni, 2007).

2.2 Beton Mutu Tinggi

Sesuai dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, ternyata kriteria beton mutu tinggi juga selalu berubah sesuai dengan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai. Pada tahun 1950an, beton dengan kuat tekan 30 MPa sudah dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Pada tahun 1960an hingga awal 1970an, kriterianya lebih lazim menjadi 40 MPa. Saat ini, disebut mutu tinggi untuk kuat tekan diatas 50 MPa, dan 80 MPa sebagai beton mutu sangat tinggi, sedangkan 120 MPa bisa dikategorikan sebagai beton bermutu ultra tinggi (Pujiyanto, As'at, 2009).

Campuran *high strength concrete* umumnya membutuhkan rasio faktor air semen yang rendah, dimana rasio faktor air semen berada pada rentangan 0,23 sampai dengan 0,35. Namun hal ini berpengaruh pada berkurangnya *workability* (sifat mudah dikerjakan). Untuk mendapatkan kuat tekan yang tinggi saat mempertahankan *workability* yang baik, sangat perlu menggunakan *admixture*, baik itu *admixture* kimia ataupun *admixture* mineral.

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

- a. Faktor air semen (fas, w/c) yang rendah.
- b. Kualitas bahan penyusun beton yang baik.
- c. Penggunaan *admixture*, baik itu *admixture* kimia ataupun *admixture* mineral dalam kadar yang tepat.
- d. Prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton.

- e. Pengawasan dan pengendalian yang ketat pada keseluruhan prosedur dan mutu pelaksanaan, yang didukung oleh koordinasi operasional yang optimal.

2.3 Material Penyusun Beton Mutu Tinggi

A. Semen Portland (PC)

Menurut Standar Industri Indonesia (SII 0013-1981), definisi semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum.

Ada dua macam semen, yaitu semen hidraulis dan semen non-hidraulis. Semen hidraulis adalah semen yang akan mengeras bisa bereaksi dengan air, tahan terhadap air (*water resistance*) dan stabil di dalam air setelah mengeras. Sedangkan semen non-hidraulis adalah semen yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air.

American Society for Testing and Material (ASTM) membagi semen portland dalam 5 tipe, yaitu :

1. Tipe I adalah semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
2. Tipe II adalah semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III adalah semen portland yang dalam penggunaannya menuntut kekuatan awal yang tinggi.
4. Tipe IV adalah semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
5. Tipe V adalah semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

B. Agregat Halus

Kualitas agregat halus yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah :

1. Berbentuk bulat.
2. Tekstur halus (*smooth texture*).

3. Modulus kehalusan (*fineness modulus*), menurut hasil penelitian menunjukkan bahwa pasir dengan modulus kehalusan 2,5 s/d 3,0 pada umumnya akan menghasilkan beton mutu tinggi (dengan fas yang rendah) yang mempunyai kuat tekan dan *workability* yang optimal.
4. Bersih.
5. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).

C. Agregat Kasar

Kualitas agregat kasar yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah :

1. Agregat kasar harus merupakan butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar tidak boleh hancur karena adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula. Sifat tidak berpori, untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.
2. Agregat harus bersih dari unsur organik.
3. Agregat tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering. Lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila lumpur melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.
4. Agregat mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen maka akan mengikat agregat dengan lebih baik.

D. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum pada umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

E. Superplasticizer

Superplasticizer adalah bahan kimia tambahan yang digunakan sebagai salah satu cara meningkatkan kemudahan pelaksanaan pekerjaan pengecoran (*workability*) beton dengan menggunakan air sesedikit mungkin.

F. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang (*fly ash*) diperoleh dari hasil residu PLTU. Material ini berupa butiran halus ringan, bundar, tidak porous, mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik, yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air.

Fly ash dapat dibedakan menjadi 3 jenis (*ACI Manual of Concrete Practice* 1993 Part 1 226.3R-3), yaitu :

a. Kelas C

Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara (batubara muda).

1. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%.
2. Kadar CaO mencapai 10%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 35% dari berat binder.

b. Kelas F

Fly ash yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batubara.

1. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%.
2. Kadar CaO < 5%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 25% dari berat binder.

c. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chert, shales, tuff dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Bahan atau Materi Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Semen Portland (PC) type I merk Tiga Roda.
2. Agregat halus (pasir) dari Kepulauan Bangka.
3. Agregat kasar (kerikil) dari Rumpin, Bogor.
4. Air dari laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Kampus H, Universitas Gunadarma.
5. Bahan Tambah *Fly Ash* kelas C dari PLTU Suralaya, Cilegon - Banten.
6. *Superplasticizer* menggunakan Sika Viscocrete 10.

3.2 Peralatan

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Timbangan
2. Satu set alat pemeriksaan agregat (piring, piknometer, oven, saringan agregat, serta mesin shieve shaker untuk mengayak saringan).
3. Mesin aduk beton (molen).
4. Kerucut Abrahams
5. Cetakan kubus.
6. Tongkat penumbuk
7. Mesin uji tekan.
8. Meja getar
9. Sekop besar.
10. Kaliper.
11. Penggaris.
12. Gelas ukur.
13. Ember.
14. Sendok semen (cetok).
15. Seperangkat peralatan kunci.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dari pemeriksaan bahan susun hingga pengujian kuat tekan benda uji. Secara garis besar penelitian meliputi :

1. Pemeriksaan agregat halus : Analisa saringan agregat halus, Berat jenis dan penyerapan agregat halus, Bobot isi agregat halus, dan Kadar air agregat halus.
2. Pemeriksaan agregat kasar : Analisa saringan agregat kasar, Berat jenis dan penyerapan agregat kasar, Bobot isi agregat kasar, dan Kadar air agregat kasar.
3. Pemeriksaan kehalusan semen.
4. Pemeriksaan air : Pemeriksaan PH air, Kadar bahan padat dalam air, Kadar organik dalam air, dan Kadar bahan tersuspensi dalam air.
5. Perhitungan rencana campuran (*Mix Design*). Metode perhitungan menggunakan cara yang dikeluarkan Badan Standardisasi Nasional (BSN) dan dimuat dalam buku Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 03-6468-2000 Pd T-18-1999-03, dengan judul buku “Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi Dengan Semen Portland dan Abu Terbang”.
6. Pembuatan benda uji, pengujian *slump* pada beton segar, dan perawatan benda uji.
7. Pengujian berat benda uji dan kuat tekan benda uji.

Total semua benda uji yakni terdiri dari 60 buah sampel dengan 5 (lima) variasi campuran yaitu campuran beton tanpa *fly ash*, campuran beton dengan *fly ash* 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat semen, masing-masing variasi terdiri dari 12 sampel. Faktor air semen (fas) yang dipakai dalam penelitian ini disamakan pada semua variasi campuran. Begitu pula kadar *superplastizicer* yang digunakan disamakan pada semua variasi campuran, yaitu sebesar 1% dari berat semen.

3.4 Cara Analisa

Hasil nilai kuat tekan beton yang dihasilkan pada pengujian beton normal (tanpa *fly ash*) dipakai sebagai acuan/pembanding terhadap hasil nilai kuat tekan beton yang telah diberi bahan tambah *fly ash*. Kemudian dibuat grafik hubungan antara kadar *fly ash* terhadap kuat tekannya pada setiap umur rencana. Dari hasil tersebut akan diketahui pada kadar berapa persen sehingga menghasilkan kuat tekan beton optimum.

Disamping itu diuji juga nilai *slump* baik pada beton normal tanpa *fly ash* maupun beton yang diberi bahan tambah *fly ash*. Kemudian dibuat grafik hubungan antara kadar *fly ash* terhadap nilai *slump*nya, dari hasil tersebut akan diketahui pada kadar berapa persen sehingga menghasilkan nilai *slump* optimum. Pengujian nilai *slump* dilakukan sebanyak dua kali, yaitu sebelum dan sesudah penambahan *superplasticizer*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Bahan

Dari hasil pengujian di laboratorium didapat hasil :

- Hasil pengujian agregat halus :
 - Berat jenis pasir (kering oven) = $2,47 \text{ gr/cm}^3$
 - Kapasitas *absorpsi*/penyerapan = 1,42%
 - Berat isi padat kering oven = 1609 kg/m^3
 - Kadar air pasir = 0,4%
- Hasil pengujian agregat kasar :
 - Berat jenis krikil (kering oven) = $2,54 \text{ gr/cm}^3$
 - Kapasitas *absorpsi*/penyerapan = 2,92%
 - Berat isi padat kering oven = 1384 kg/m^3
 - Kadar air kerikil = 3,84%
- Hasil pengujian semen :
 - Tertahan saringan no. 100 = 0%
 - Tertahan saringan no. 200 = 18%
- Hasil pengujian air :
 - PH air = 7
 - Kadar bahan padat dalam air = 1000 mgr/liter
 - Kadar tersuspensi dalam air = 100 mgr/liter
 - Kadar organik = 1000 mgr/liter

4.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Kuat tekan beton dengan *superplasticizer* direncanakan sebesar 40 MPa pada umur 28 hari. Metode perhitungan yang digunakan adalah SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03). Faktor air semen dan kadar *superplasticizer* ditentukan sama untuk semua variasi campuran. Hasil perhitungan diketahui bahwa faktor air semen diperoleh sebesar 0,420 dan kadar *superplasticizer* ditentukan sebesar 1% dari berat semen. Kebutuhan bahan susun untuk setiap 1 m³ beton (kondisi berat kering oven) disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Proporsi per m³ campuran (berat kering oven)

Bahan Campuran	Varian Campuran				
	Campuran Dasar (kg)	Campuran # 1 (kg)	Campuran # 2 (kg)	Campuran # 3 (kg)	Campuran # 4 (kg)
Air	166	166	166	166	166
Semen	395,24	355,72	316,19	276,67	237,14
<i>Fly Ash</i>	-	39,52	79,05	118,57	158,10
Kerikil	1038	1038	1038	1038	1038
Pasir	715,98	709,98	704	698,02	692,02

Karena agregat di lapangan tidak akan kering oven, maka perlu mengoreksi berat agregat dengan jumlah air di dalam agregat dan nilai penyerapan agregat. Maka hasilnya dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Proporsi per m³ campuran (kondisi kebasahan agregat)

Bahan Campuran	Varian Campuran				
	Campuran Dasar (kg)	Campuran # 1 (kg)	Campuran # 2 (kg)	Campuran # 3 (kg)	Campuran # 4 (kg)
Air	163,75	163,69	163,63	163,57	163,51
Semen	395,24	355,72	316,19	276,67	237,14
<i>Fly Ash</i>	-	39,52	79,05	118,57	158,10
Kerikil	1077,86	1077,86	1077,86	1077,86	1077,86
Pasir	718,84	712,82	706,82	700,81	694,79

Selanjutnya membuat campuran coba dengan volume 0,007 m³. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3. Proporsi per campuran coba (0,007 m³)

Bahan Campuran	Varian Campuran				
	Campuran Dasar (kg)	Campuran # 1 (kg)	Campuran # 2 (kg)	Campuran # 3 (kg)	Campuran # 4 (kg)
Air	1,146	1,146	1,145	1,145	1,145
Semen	2,766	2,490	2,213	1,937	1660
<i>Fly Ash</i>	-	0,277	0,553	0,830	1,107
Kerikil	7,545	7,545	7,545	7,545	7,545
Pasir	5,032	4,990	4,948	4,906	4,864

Langkah selanjutnya adalah melakukan penyesuaian campuran coba. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini :

Tabel 4. Proporsi per m³ campuran setelah dikoreksi

Bahan Campuran	Varian Campuran				
	Campuran Dasar (kg)	Campuran # 1 (kg)	Campuran # 2 (kg)	Campuran # 3 (kg)	Campuran # 4 (kg)
Air	200,3	200,4	189,2	189,2	189,3
Semen	476,9	429,4	360,4	315,4	270,4
<i>Fly Ash</i>	-	47,7	90,1	135,2	180,3
Kerikil	995,3	995,3	1009,2	1009,2	1009,2
Pasir	622,5	635,3	639,6	632,9	626,1

Langkah selanjutnya adalah menghitung proporsi campuran untuk benda uji kubus, hasilnya dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini :

Tabel 5. Proporsi campuran yang dibutuhkan untuk 12 benda uji kubus

Bahan Campuran	Varian Campuran				
	Camp Dasar	Camp # 1	Camp # 2	Camp # 3	Camp # 4
Air (Kg)	9,7	9,7	9,2	9,2	9,2
Semen (Kg)	23,2	20,8	17,5	15,3	13,1
Fly Ash (Kg)	-	2,3	4,4	6,6	8,8
Kerikil (Kg)	48,3	48,3	49	49	49
Pasir (Kg)	30,2	30,8	31,1	30,7	30,4
SP (l)	0,232	0,232	0,219	0,219	0,219

4.3 Hasil Uji Slump Beton Segar

Setiap benda uji diadakan 2 kali pengujian *slump*, baik sebelum maupun setelah penambahan *superplasticizer*, kemudian dari 2 kali pengujian ini diambil nilai *slump* rata-rata. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 6 dan 7 dibawah ini :

Tabel 6. Nilai *slump* sebelum ditambahkan *Superplasticizer*

Kode Benda Uji	Nilai		
	<i>Slump</i> (cm)	<i>Slump</i> (cm)	<i>Slump</i> rata-rata (cm)
BN	2,6	2,5	2,55
B10	2,6	2,5	2,55
B20	2,7	2,6	2,65
B30	2,7	2,6	2,65
B40	2,8	2,6	2,7

Tabel 7. Nilai *slump* setelah ditambahkan *Superplasticizer*

Kode Benda Uji	Nilai		
	<i>Slump</i> (cm)	<i>Slump</i> (cm)	<i>Slump</i> rata-rata (cm)
BN	20	21	20,5
B10	21	22	21,5
B20	21	22	21,5
B30	21	23	22
B40	22	23	22,5

Dari tabel 6, terlihat bahwa semakin besar penggantian sebagian semen dengan *Fly Ash*, maka nilai *slump* beton segar yang dihasilkan juga ada

kecenderungan naik. Hal ini terbukti pada campuran beton 40% *Fly Ash* (B40) yang memiliki nilai *slump* lebih tinggi dibandingkan campuran lain sebelum ditambahkan *Superplastizer*. Sedangkan pada tabel 7 terlihat bahwa dari penambahan *Superplastizer*, maka masing-masing sampel dengan penambahan *Sika Viscocrete-10* yang sama sebesar 1% pada setiap variasi campuran, memiliki nilai *slump* yang berbeda dan lebih tinggi dari pada campuran tanpa *Superplasticizer*.

4.4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Setelah dilakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji umur 7, 14, 21, dan 28 hari dengan kuat tekan yang direncanakan (f_c') sebesar 40 MPa, sebanyak 60 sampel yang terdiri dari 5 (lima) variasi campuran, masing-masing variasi dibuat 12 sampel. Hasil lengkapnya dapat terlihat pada tabel-tabel dibawah ini

Tabel 8. Hasil pengujian kuat tekan beton kubus dengan campuran tanpa *fly ash* (BN)

Kode Benda Uji	Berat (gram)	Luas Tampang (cm ²)	Beban Max (KN)	Umur (Hari)	f_c' (MPa)	Kuat Tekan Setelah Dikonversikan Ke 28 Hari	
						f_c' (MPa)	f_c' Rata-rata (MPa)
BN-1	7531	225	490	7	21,77	33,48	33,26
BN-2	7650	225	460	7	20,44	31,44	
BN-3	7510	225	510	7	22,66	34,85	
BN-4	7550	225	745	14	33,11	37,61	37,95
BN-5	7520	225	760	14	33,78	38,37	
BN-6	7553	225	750	14	33,33	37,86	
BN-7	7605	225	860	21	38,22	40,25	40,09
BN-8	7610	225	835	21	37,11	39,08	
BN-9	7593	225	875	21	38,89	40,95	
BN-10	7631	225	935	28	41,56	40,56	40,85
BN-11	7655	225	940	28	41,78	40,77	
BN-12	7620	225	950	28	42,22	41,21	

Tabel 9. Hasil pengujian kuat tekan beton kubus dengan campuran penggantian semen dengan *fly ash* 10% (B10)

Kode Benda Uji	Berat (gram)	Luas Tampang (cm ²)	Beban Max (KN)	Umur (Hari)	<i>fc'</i> (MPa)	Kuat Tekan Setelah Dikonversikan Ke 28 Hari	
						<i>fc'</i> (MPa)	<i>fc'</i> Rata-rata (MPa)
B10-1	7660	225	500	7	22,22	34,17	33,71
B10-2	7417	225	460	7	20,44	31,44	
B10-3	7435	225	520	7	23,11	35,54	
B10-4	7535	225	660	14	29,33	33,32	34,57
B10-5	7485	225	670	14	29,78	33,83	
B10-6	7510	225	720	14	32,00	36,35	
B10-7	7585	225	835	21	37,11	39,08	37,99
B10-8	7594	225	810	21	36,00	37,91	
B10-9	7627	225	790	21	35,11	36,97	
B10-10	7586	225	960	28	42,67	41,65	41,57
B10-11	7603	225	945	28	42,00	40,99	
B10-12	7645	225	970	28	43,11	42,06	

Tabel 10. Hasil pengujian kuat tekan beton kubus dengan campuran penggantian semen dengan *fly ash* 20% (B20)

Kode Benda Uji	Berat (gram)	Luas Tampang (cm ²)	Beban Max (KN)	Umur (Hari)	<i>fc'</i> (MPa)	Kuat Tekan Setelah Dikonversikan Ke 28 Hari	
						<i>fc'</i> (MPa)	<i>fc'</i> Rata-rata (MPa)
B20-1	7440	225	490	7	21,77	33,48	32,47
B20-2	7415	225	465	7	20,67	31,79	
B20-3	7424	225	470	7	21,88	32,13	
B20-4	7520	225	680	14	30,22	34,33	33,58
B20-5	7535	225	715	14	31,78	36,10	
B20-6	7440	225	600	14	26,67	30,30	
B20-7	7505	225	765	21	34,00	35,80	36,74
B20-8	7523	225	810	21	36,00	37,91	
B20-9	7515	225	780	21	34,67	36,51	
B20-10	7547	225	945	28	42,00	40,99	41,28
B20-11	7556	225	940	28	41,78	40,77	
B20-12	7567	225	970	28	43,11	42,08	

Tabel 11. Hasil pengujian kuat tekan beton kubus dengan campuran penggantian semen dengan *fly ash* 30% (B30)

Kode Benda Uji	Berat (gram)	Luas Tampang (cm ²)	Beban Max (KN)	Umur (Hari)	f_c' (MPa)	Kuat Tekan Setelah Dikonversikan Ke 28 Hari	
						f_c' (MPa)	f_c' Rata-rata (MPa)
B30-1	7323	225	390	7	17,33	26,65	27,10
B30-2	7170	225	390	7	17,33	26,65	
B30-3	7442	225	410	7	18,22	28,02	
B30-4	7403	225	535	14	23,77	27,00	27,60
B30-5	7345	225	545	14	24,22	27,51	
B30-6	7425	225	560	14	24,89	28,28	
B30-7	7435	225	685	21	30,44	32,05	32,99
B30-8	7475	225	730	21	32,44	34,16	
B30-9	7443	225	700	21	31,11	32,76	
B30-10	7498	225	800	28	35,56	34,71	35,57
B30-11	7510	225	820	28	36,44	35,57	
B30-12	7522	225	840	28	37,33	36,43	

Tabel 12. Hasil pengujian kuat tekan beton kubus dengan campuran penggantian semen dengan *fly ash* 40% (B40)

Kode Benda Uji	Berat (gram)	Luas Tampang (cm ²)	Beban Max (KN)	Umur (Hari)	f_c' (MPa)	Kuat Tekan Setelah Dikonversikan Ke 28 Hari	
						f_c' (MPa)	f_c' Rata-rata (MPa)
B40-1	7395	225	365	7	16,22	24,95	26,54
B40-2	7345	225	370	7	16,44	25,28	
B40-3	7392	225	430	7	19,11	29,39	
B40-4	7555	225	520	14	23,11	26,25	27,60
B40-5	7614	225	545	14	24,22	27,51	
B40-6	7661	225	575	14	25,56	29,04	
B40-7	7675	225	650	21	28,89	30,42	30,58
B40-8	7681	225	670	21	29,78	31,36	
B40-9	7693	225	640	21	28,44	29,95	
B40-10	7690	225	785	28	34,89	34,05	33,91
B40-11	7687	225	760	28	33,78	32,97	
B40-12	7670	225	800	28	35,56	34,70	

Tabel 13. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari

Kode Benda Uji	$f'c$ (MPa)
BN	40,85
B10	41,57
B20	41,28
B30	35,57
B40	33,91

Dari tabel 13, terlihat bahwa kuat tekan rata-rata tertinggi pada umur 28 hari diperoleh pada campuran beton dengan penggantian semen dengan *Fly Ash* 10% (B10) yaitu sebesar 41,57 MPa dan kuat tekan rata-rata terendah diperoleh pada campuran beton dengan penggantian semen dengan *Fly Ash* 40% (B40) yaitu sebesar 33,91 MPa. Dari data di atas dapat dilihat bahwa dengan penggantian sebagian semen dengan 10% *Fly Ash* mempunyai kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan beton variasi campuran *Fly Ash* lainnya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, analisa, dan pembahasan yang sudah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton optimum rata-rata pada umur 28 hari yang dapat dicapai sebesar 41,57 MPa, pada campuran beton dengan *Fly Ash* 10% (B10).
2. Kuat tekan beton terendah rata-rata pada umur 28 hari diperoleh sebesar 33,91 MPa, pada campuran beton dengan penggantian semen dengan *Fly Ash* 40% (B40).
3. Kuat tekan rencana $f'c$ 40 MPa pada umur 28 hari dapat tercapai oleh 3 varian campuran, yaitu campuran tanpa *Fly Ash* (BN) sebesar 40,85 Mpa, campuran dengan *Fly Ash* 10% dan 20%, masing-masing sebesar 41,57 Mpa dan 41,28 Mpa.

4. Kuat tekan yang tidak memenuhi syarat $f'c$ rencana 40 Mpa pada umur 28 hari adalah campuran beton dengan *Fly Ash* 30% dan 40%, dengan kuat tekan 35,57 MPa dan 33,91 MPa.
5. Pengaruh *Fly Ash* dalam beton mutu tinggi adalah butiran *Fly Ash* yang halus membuat beton lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh *Fly Ash* sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozzolan dari *Fly Ash*. Selain itu penggunaan *Fly Ash* dengan takaran tertentu terbukti dapat meningkatkan kekuatan beton.

5.2 Saran

Setelah melihat hasil penelitian dan menyadari kemungkinan adanya kekurangan dalam penelitian ini, maka penulis dapat memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan beton mutu sangat tinggi (> 40 MPa), maka perlu diadakan penelitian dengan bahan susun yang mempunyai kualitas lebih baik.
2. Agar diperoleh sampel yang baik perlu diperhatikan pada saat pengadukan dan pemadatan, karena apabila dalam pemadatan tidak baik, sampel akan mengalami keropos dan ini akan sangat mempengaruhi kekuatan sampel.
3. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan variasi *Fly Ash* yang berbeda lagi (persentase kadar lebih kecil) atau dikombinasikan dengan bahan pozzolan/mineral lain (contoh : Kerak Tanur Tinggi, Silika Fume, atau Abu Kulit Gabah) dan penggunaan *Superplasticizer* dengan kadar dan jenis lain.
4. Untuk mendapatkan beton yang lebih baik lagi maka dapat diadakan penelitian tentang pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Dipohusodo, Istimawan., *Struktur BeTon Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1999.

2. D.H, Bambang., *Pengaruh Perbedaan Karakteristik Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma, Jakarta, 2007.
3. Hadi, Sofwan., *Studi Pengaruh Ukuran Butir dan Komposisi Abu Terbang PLTU Suralaya Sebagai Bahan Pengisi dan Pozzolan*, Institut Teknologi Bandung, 2009.
4. Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, *Diktat Praktikum Beton Teknik Sipil*, Universitas Gunadarma.
5. Nugraha, Paul dan Antoni., *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta, 2007.
6. Santosa, Bing, *Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Diagonal*, no. 3, vol. 4, Universitas Merdeka Malang, Agustus, 2003.
7. Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 03-6468-2000 Pd T-18-1999-03, *Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi Dengan Semen Portland dan Abu Terbang*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2010.
8. WWW.Pustaka.Net.