

**PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADDITIVE (*BESTMITTEL*) 0,5%
DAN *FLY ASH* DENGAN VARIASI 5%; 7,5%; 10% TERHADAP
KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI**
*(The Influence of 0,5% Additive (Bestmittel) Addition and 5%; 7,5%; 10% Fly Ash Variation to
High Strength Concrete Compressive Strength)*

Moch. Ervianto¹ , Fadillawaty Saleh²

ABSTRAK

*Beton mutu tinggi merupakan beton dengan perlakuan khusus yang tidak dapat selalu dicapai hanya dengan penggunaan material konvensional tanpa penambahan bahan tambah khusus. Beton mutu tinggi memerlukan penggunaan semen yang lebih banyak dari pada penggunaan semen pada beton normal maka perlu ditambahkan fly ash pada campuran beton mutu tinggi untuk mengurangi penggunaan semen walaupun tidak terlalu signifikan. Tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui berapa jumlah proporsi yang sesuai dalam penambahan zat additive (*Bestmittel*) dan fly ash pada beton mutu tinggi serta untuk mengetahui pengaruh penambahan zat additive (*Bestmittel*) dan fly ash terhadap kuat tekan beton mutu tinggi. Pembuatan benda uji menggunakan silinder berukuran diameter 15cm dan tinggi 30 cm dengan jumlah benda uji sebanyak 18 benda uji dengan 3 variasi, dan diuji pada umur 28 hari. Hasil kuat tekan maksimal terjadi pada variasi fly ash 7,5% dan zat additive (*Bestmittel*) 0,5% sebesar 41,49 MPa, dan kuat tekan minimal terjadi pada variasi 5% sebesar 35,95 MPa. Pada variasi penambahan fly ash 5% ke 7,5% mengalami penurunan kuat tekan rata-rata sebesar 0,320% sedangkan pada variasi 7,5% ke 10% mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 0,011%.*

Kata kunci : *Beton mutu tinggi, fly ash, zat additive (Bestmittel), kuat tekan.*

-
1. Mahasiswa (20120110041), Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 2. Dosen Pembimbing I, Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

A. PENDAHULUAN

Beton mutu tinggi merupakan beton dengan perlakuan khusus yang tidak dapat selalu dicapai hanya dengan penggunaan material konvensional tanpa penambahan bahan tambah khusus. Beton mutu tinggi biasanya digunakan untuk bahan bangunan struktur seperti struktur bangunan gedung bertingkat tinggi, struktur jembatan, dan memerlukan beton dengan kuat tekan lebih dari 40 Mpa.

Beton mutu tinggi memerlukan penggunaan semen yang lebih banyak dari pada penggunaan semen pada beton normal maka perlu ditambahkan fly ash pada campuran beton mutu tinggi untuk mengurangi penggunaan semen walaupun tidak terlalu signifikan. Fly ash

berguna untuk mengurangi penggunaan semen dan untuk menutupi pori-pori yang ada pada beton mutu tinggi sehingga beton menjadi lebih rapat, selain itu ada juga penambahan zat additive yang berguna untuk meningkatkan kuat tekan dan dapat mengurangi pemakaian air tanpa mempengaruhi kualitas beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah atau proporsi bahan tambah fly ash dan zat additive (*Bestmittel*) pada beton mutu tinggi, serta untuk mengetahui nilai kuat tekan terhadap pengaruh penambahan fly ash dan zat additive (*Bestmittel*) pada beton mutu tinggi.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Kurniawandy, dkk (2011) melakukan penelitian mengenai pengaruh abu terbang terhadap karakteristik mekanik beton mutu tinggi, dengan tujuan untuk mengetahui komposisi campuran abu terbang terhadap karakteristik pada beton mutu tinggi dan untuk mengetahui campuran *fly ash* yang optimum, serta dilakukan pengujian modulus elastisitas, nilai susut, kuat tekan, dan tarik belah pada beton mutu tinggi dengan variasi *fly ash* 0%; 15%; 20%; 25% dan 30% dengan jumlah benda uji 40 benda uji berbentuk silinder ukuran 15cm x 30cm. Pada pengujian kuat tekan maksimum diperoleh pada variasi penambahan *fly ash* 20% yaitu sebesar 41,03 Mpa, sedangkan pada variasi 15%; 20%; 25% dan 30% mengalami penurunan kuat tekan.

Mahyar (2012) melakukan penelitian tentang *mikro silica* sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kuat tekan beton mutu tinggi, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan beton mutu tinggi dengan kuat tekan maksimum dengan menggunakan bahan tambah berupa *sikafume*, serta untuk mengetahui desain beton mutu tinggi menggunakan bahan tambah *sikafume*, benda uji berupa silinder ukuran 100 x 200 mm dan dilakukan uji tekan pada 28 hari dengan variasi bahan tambah *sikafume* 0%; 5%; 10%, dan 15%. Pada hasil pengujian menunjukkan kuat tekan maksimum terjadi pada variasi bahan tambah *sikafume* sebesar 10% yaitu 743,10 kg/cm².

Suhirkam dan Dafrimon (2014) meneliti tentang beton K-400 dengan penambahan abu sekam padi dan *superplastisizer*, pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan pada beton mutu K-400, dan pada penelitian ini persentase campuran untuk abu sekam padi sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari kebutuhan semen serta menggunakan bahan tambah berupa *superplastisizer* sebesar 0,6% terhadap kebutuhan air. Pada penelitian ini menggunakan benda uji kubus dengan ukuran 15cm x 15cm x 15cm untuk pengujian kuat tekan dan benda uji silinder dengan ukuran 15cm x 30cm untuk uji tarik, dan diuji pada umur 7; 14; 21; dan 28 hari. Pada pengujian kuat tekan didapatkan kuat tekan maksimum pada variasi abu sekam padi 10% + *Superplastisizer* 0,6% sebesar 40,15 Mpa.

Olivia, dkk (2013) melakukan penelitian mengenai sifat mekanis dan rembesan beton

mutu tinggi menggunakan agregat halus pasir laut dan bahan tambah *silicafume*, dengan tujuan untuk mendapatkan kuat tekan dan tarik pada beton mutu tinggi serta menggunakan agregat pasir laut dan bahan tambah *silicafume* dengan variasi campuran sebesar 0%; 4%; 6%; 8%; dan 10% dan untuk meningkatkan *workability* ditambahkan *superplastisizer* sebesar 1,5%, benda uji berupa silinder berukuran 15 cm x 30 cm dan diuji pada umur 14 dan 28 hari dan dilakukan pengujian berupa kuat tekan dan tarik pada beton. Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan maksimum terjadi pada variasi *silicafume* sebesar 10% adalah 63,10 MPa pada umur 28 hari sedangkan untuk hasil kuat tarik belah sebesar 4,34 MPa.

C. LANDASAN TEORI

1. Definisi beton

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI – 03 – 2847 – 2002). Beton mutu tinggi adalah beton dengan perlakuan khusus dan persyaratan yang seragam yang tidak dapat selalu dicapai secara rutin hanya dengan penggunaan material konvensional dan pencampuran secara normal, penempatan dan cara perawatannya. Ada banyak parameter yang mempengaruhi kuat tekan pada beton mutu tinggi, diantaranya adalah kualitas bahan penyusunnya, faktor air semen yang rendah dan kepadatan yang tinggi tetapi beton sangat kaku atau sulit diaduk saat dikerjakan.

2. Material penyusun beton mutu tinggi

a. Semen

Semen *Portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. (SNI 15-2049-2004).

Semen jika diaduk dengan air akan menghasilkan adukan pasta semen, sedangkan diaduk dengan air kemudian ditambah pasir akan menjadi mortar, jika ditambahkan dengan kerikil akan menjadi beton. Fungsi semen itu sendiri adalah untuk bereaksi dengan air untuk menjadi semen, dan pasta semen berfungsi untuk

mengikat butiran-butiran menjadi massa yang kompak. (Tjokrodimulyo, 2010).

b. Agregat Halus

Agregat halus pada umumnya berbutir lebih kecil dari 4,80 mm, contoh agregat halus seperti, pasir, baik berupa pasir alami atau dari hasil pemecahan batu. Pasir alam dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai, atau dari tepi laut, (Tjokrodimulyo, 2010). Pasir merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan semen untuk membuat adukan.

c. Agregat kasar

Agregat kasar pada umumnya berbutir lebih besar dari 4,80 mm, contoh agregat kasar seperti, kerikil, kerikil, batu pecah, atau split. Kerikil sebagai hasil desintregasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecahan batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

d. Air

Air merupakan salah satu bahan dasar dalam pembuatan beton yang penting dan paling murah diantara bahan yang lainnya. Penggunaan air digunakan untuk mereaksikan semen sehingga menghasilkan pasta semen yang berfungsi untuk mengikat agregat. Penggunaan air juga berpengaruh pada kuat tekan beton, dan pada penggunaan fas yang terlalu tinggi mengakibatkan bertambahnya kebutuhan air sehingga mengakibatkan pada saat kering beton mengandung banyak pori yang nantinya berdampak pada kuat tekan beton yang rendah.

e. Fly ash

Fly ash atau abu terbang yang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang telah digunakan sebagai bahan campuran pada beton. Fly ash merupakan residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan dari pembakaran batu bara yang dihaluskan pada suatu pusat pembangkit listrik. Partikel-partikel fly ash yang terkumpul pada presipitator elektrostatik biasanya berukuran (0.074 – 0.005 mm).

f. Zat additive

Menurut Mulyono (2004), bahan tambah mineral (additive) merupakan bahan tambah yang berguna untuk memperbaiki kinerja beton, dan lebih

banyak digunakan untuk memperbaiki kerja beton sehingga bahan ini lebih cenderung bersifat pengikat. Ada beberapa bahan tambah yang termasuk dalam bahan tambah mineral ini antara lain adalah *pozzolan*, *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*. Beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral ini antara lain:

1. Memperbaiki kinerja *workability*.
2. Mengurangi penyusutan.
3. Mempertinggi usia beton.
4. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat.
5. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika.
6. Mempertinggi kekuatan beton.
7. Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.
8. Mengurangi biaya pekerjaan beton.

3. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton mutu tinggi menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm. Dengan untuk A (luas penampang) dapat diketahui yaitu $\frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \text{ cm} = 178.72 \text{ cm}^2$, sedangkan untuk besarnya P (*Peak Force*) dapat diketahui dengan pembacaan jarum yang ditunjukkan oleh mesin kuat tekan yaitu angka tertinggi yang ditunjukkan sebelum sampel yang berbentuk silinder retak, pecah atau hancur. Besar kuat tekan beton mutu tinggi dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} (\text{kg/cm}^2) \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

P = beban tekan (kg)

A = luas bidang tekan (cm²)

4. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas beton adalah kemiringan kurva antara tegangan-regangan di dalam daerah elastis linier, karena kemiringan mempunyai satuan tegangan dibagi dengan regangan, maka modulus elastisitas mempunyai satuan yang sama dengan tegangan. Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pasta, dalam perhitungan struktur modulus elastisitas dapat dihitung dengan Rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

E = modulus elastisitas (MPa)

ε = regangan aksial (MPa)

σ = tegangan aksial (MPa)

Sedangkan untuk perhitungan modulus elastisitas pada beton menggunakan perhitungan seperti pada Rumus

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{F_c'} \dots\dots\dots(3)$$

dengan :

E_c = modulus elastisitas (MPa)

F_c' = kuat tekan maksimum (MPa)

D. METODE PENELITIAN

1. Lokasi penelitian

Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

2. Bahan penelitian

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- Air yang digunakan air yang diambil dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Semen berfungsi sebagai perekat campuran mortar. Tipe semen yang digunakan yaitu Semen Gresik Tipe I.
- Agregat kasar diperoleh dari Clereng, Kulon Progo.
- Agregat halus berupa pasir Progo yang diperoleh dari sungai Progo, Kabupaten Sleman, D.I.Y, dengan lolos saringan No. 4 atau 4.8 mm.
- Fly Ash* yang digunakan *fly ash* Tipe F.
- Zat *Additive* yang digunakan adalah *Besmittel*.

3. Peralatan penelitian

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram , untuk mengetahui berat dari bahan-bahan penyusun beton.
- Susunan ayakan digunakan untuk mengetahui susunan butir dari agregat halus dan agregat kasar.
- Gelas ukur kapasitas maksimum 1000 ml, untuk menakar volume air.
- Corong / kerucut *abrams* digunakan untuk mengukur nilai *slump* adukan beton segar.
- Oven, untuk pengujian atau pemeriksaan bahan-bahan yang akan digunakan dalam campuran beton.
- Mesin los angeles dengan merek Tatonas, untuk menguji tingkat keausan agregat
- Cangkul, Sekop, cetok dan talam, untuk mengaduk, menampung dan menuang adukan beton ke dalam cetakan.

h. Wajan dan Nampan besi untuk mencampur dan mengaduk campuran benda uji, penumbuk besi untuk menumbuk campuran Beton yang sudah dimasukkan kedalam cetakan.

i. Cetakan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm.

j. Mistar dan kaliper, untuk mengukur dimensi dari alat-alat benda uji yang digunakan.

k. Mesin pengaduk campuran beton (Molen).

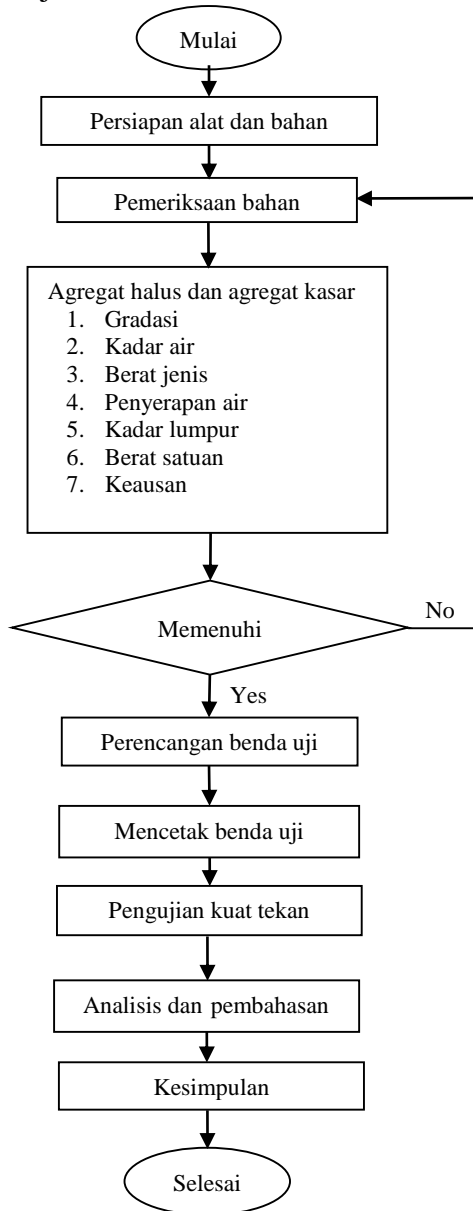
l. Mesin uji tekan , digunakan untuk menguji dan mengetahui nilai kuat tekan dari beton yang dibuat.

4. Pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan pembuatan benda uji beton mutu tinggi dengan langkah-langkah berikut.

- Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam campuran beton sesuai dengan porsi dan kebutuhan masing-masing variasi.
- Masukkan kerikil dan pasir ke dalam mesin pengaduk (molen), putar mesin hingga bahan tercampur rata.
- Kemudian tambahkan *fly ash*, sambil diaduk tambahkan semen sedikit demi sedikit agar semen merata.
- Setelah bahan-bahan tersebut tercampur rata tambahkan air serta *besmittel* yang sudah tercampur dengan air sedikit demi sedikit dan aduk hingga adukan beton segar tercampur rata tanpa ada agregat yang menggumpal.
- Keluarkan beton segar dari dalam mesin pengaduk keatas nampan, kemudian lakukan pengujian *slump* pada beton segar.
- Masukkan beton segar ke dalam cetakan silinder yang sudah disiapkan.
- Masukkan beton segar ke dalam cetakan silinder sebanyak 1/3 silinder kemudian tumbuk sebanyak 25 kali, kemudian ditambah lagi 2/3 dan ditumbuk lagi sampai penambahan 3/3 dan ditumbuk lagi, kemudian ratakan permukaannya.
- Timbang berat silinder beserta beton segar, kemudian di diamkan selama ± 24 jam.
- Setelah ± 24 jam buka cetakan beton dari silinder, timbang beton yang sudah di

- buka dari cetakan, kemudian lakukan perendaman / perawatan beton \pm 28 hari.
- j. Setelah 28 hari, beton diangkat lalu diukur dimensi beton yaitu diameter dan tinggi beton, beton sudah siap diuji tekan.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

5. Komposisi material

Sebelum pembuatan benda uji, dilakukan perhitungan dan komposisi material.

Tabel 1. Komposisi material

Varia si (%)	Kebutuhan Bahan Dasar Beton Mutu Tinggi					
	Fly ash (kg)	bestmi ttel (kg)	Air (liter)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
5	0,19	0,019	1,24	3,61	2,43	4,95
7,5	0,285	0,019	1,24	3,515	2,43	4,95
10	0,38	0,019	1,24	3,42	2,43	4,95

E. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil pemeriksaan bahan

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus (Pasir) Pasir Progo

No	Jenis Pengujian Agregat	Hasil
1	Gradasi daerah	No. 2
2	Modulus halus butir	2,64
3	Berat jenis	2,59
4	Kadar air (%)	4,57
5	Penyerapan air (%)	0,27
6	Berat satuan (gr/cm ³)	1,31
7	Kadar lumpur (%)	4,532

Hasil pemeriksaan berat satuan agregat halus belum tergolong pada berat agregat normal dan kadar air agregat halus belum tergolong pada agregat halus kering permukaan / SSD.

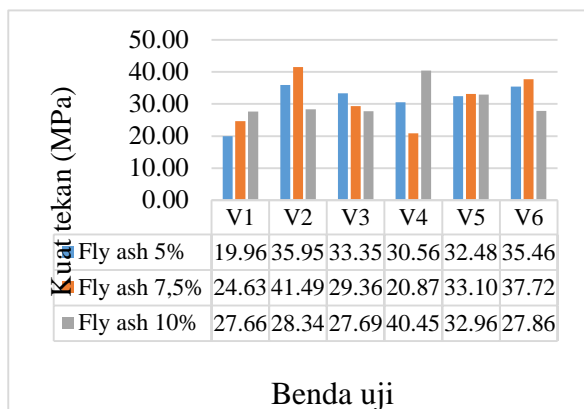
Tabel 3. Hasil pengujian agregat Kasar (kerikil) Clereng, Kulon Progo

No	Jenis Pengujian Agregat	Hasil
1	Kadar air (%)	0,549
2	Penyerapan air (%)	1,43
3	Berat satuan (gr/cm ³)	1,55
4	Keausan (%)	21,36
5	Kadar lumpur (%)	1,75
6	Berat jenis	2,63

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar belum memenuhi standar kadar lumpur yang diperbolehkan, sehingga perlu dicuci sebelum dipakai dan kadar air agregat halus belum tergolong kedalam agregat kasar kering permukaan / SSD.

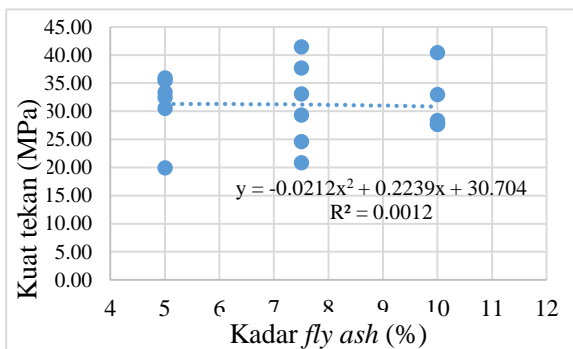
2. Hasil pengujian kuat tekan

Penelitian ini menggunakan tiga variasi campuran *fly ash* yaitu 5%; 7,5%; dan 10% dari kebutuhan penggunaan semen, dan zat *additive* (*Bestmittel*) sebesar 0,5% juga diambil dari kebutuhan penggunaan semen. Dalam pembuatan satu benda uji dengan variasi *fly ash* 5% membutuhkan 0,19 kg *fly ash* dan zat *additive* (*bestmittel*) 0,5% sebesar 0,019 kg, dan pada variasi *fly ash* 7,5% membutuhkan 0,28 kg dan zat *additive* (*bestmittel*) 0,5% sebesar 0,019 kg. sedangkan untuk variasi *fly ash* 10% membutuhkan 0,38 kg dan zat *additive* (*bestmittel*) 0,5% sebesar 0,019 kg.



Gambar 2. Perbandingan kuat tekan beton 5%; 7,5% dan 10%

Gambar 2 menunjukkan hasil kuat tekan beton untuk ketiga variasi, kuat tekan beton mengalami kenaikan dengan bertambahnya kadar campuran *fly ash* sedangkan zat *additive* nya tetap, akan tetapi semakin banyak penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti dalam penggunaan pengurangan semen maka akan semakin menurun kuat tekannya dikarenakan penggunaan semen akan lebih sedikit, karena *fly ash* belum bisa sepenuhnya seperti semen yang fungsinya mengikat. Nilai kuat tekan maksimal terjadi pada variasi *fly ash* 7,5% dan *besmittel* 0,5% sebesar 41,49 MPa, sedangkan untuk kuat tekan rata-rata pada variasi *fly ash* 5%; 7,5%; dan 10% sebesar 31,29 MPa; 31,19 MPa; dan 30,83 MPa. Pada variasi penambahan *fly ash* 5% ke 7,5% mengalami penurunan kuat tekan rata-rata sebesar 0,320% dan pada variasi 7,5% ke 10 mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 0,011%.



Gambar 3. Perbandingan penambahan *fly ash* terhadap kuat tekan beton

Gambar 5.4 dapat disimpulkan bahwa pada penambahan *fly ash* 5% nilai kuat tekan beton memiliki selisih tidak jauh antar benda uji, dan pada penambahan *fly ash* 7,5% nilai kuat tekan beton memiliki jarak yang cukup jauh pada masing-masing benda uji. sedangkan pada penambahan *fly ash* 10% kuat tekan beton pada masing-masing benda uji tidak terlalu jauh. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti saat pendudukan beton, penuangan beton kedalam silinder sehingga kita tidak mengetahui dalam satu silinder terdapat lebih banyak agregat

halus atau agregat kasar dibandingkan beton segar yang ada di dalam silinder lainnya. Hasil dari pengamatan tersebut kuat tekan beton mengalami kenaikan dengan bertambahnya kadar campuran *fly ash*, akan tetapi semakin banyak penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti dalam penggunaan pengurangan semen maka akan semakin menurun kuat tekannya dikarenakan penggunaan semen akan lebih sedikit, karena *fly ash* belum bisa sepenuhnya seperti semen yang fungsinya mengikat.

Hasil kuat tekan dengan nilai modulus elastisitas beton sebesar 30273 MPa. Kuat tekan beton mutu tinggi dengan penambahan *fly ash* dan zat *additive* (*Besmittel*) belum sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan sebesar 50 MPa, hasil kuat tekan maksimal yang didapat sebesar 41,49 MPa, tetapi masih dalam kategori beton mutu tinggi (>40 MPa) dikarenakan ada beberapa faktor yaitu, proses pengerjaan dalam pembuatan benda uji, *mix design*, bahan, dan perawatan benda uji.

Hasil pengamatan pada beton menunjukkan bahwa beton sedikit tidak berongga pada beton dan permukaan lebih halus. Setelah diuji kuat tekan hasilnya beton sedikit retak dan sedikit mengalami keruntuhan, setelah beton di belah terlihat material seperti agregat kasar batu pecah, menandakan material agregat kasar dari Clereng sangat bagus digunakan karena mampu mengikat dengan material yang lain. Beton mutu tinggi dengan campuran penambahan *fly ash* dapat mengurangi rongga pada beton dan sangat bagus dalam mengikat material lain, sedangkan pada penambahan bahan zat *additive* (*Bestmittel*) mempermudah dalam pengerjaan pembuatan beton mutu tinggi (*workability*), karena dalam perencanaan beton mutu tinggi nilai fasnya rendah yaitu 0,325 sehingga slump yang dihasilkan sangat kecil yaitu 5 sampai 7 cm, sehingga sulit dikerjakan tanpa ada bahan tambah lain.



Gambar 4 Beton setelah uji tekan



Gambar 5 Beton setelah dibelah

F. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- Penambahan zat *additive* (*Bestmittel*) pada beton mutu tinggi berbahan dasar *fly*

ash mempengaruhi kuat tekan beton. Semakin besar *fly ash* yang digunakan maka semakin besar nilai kuat tekan, tetapi akan menurun kuat tekannya jika terlalu banyak penggunaan *fly ash* yang ditujukan sebagai pengganti sebagian semen. Hasil kuat tekan beton dengan penambahan *fly ash* dan zat *additive* (*Betsmittel*) 5%; 7,5%; dan 10% sebesar 35,95 MPa; 41,49 MPa; dan 40,45 MPa, dengan nilai FAS 5 cm – 7 cm.

- b. Kuat tekan maksimal terjadi pada variasi *fly ash* 7.5% dari berat semen dan zat *additive* (*Bestmittel*) 0,5% sebesar 41,49 MPa, sedangkan pemakaian *fly ash* sebesar 5%; dan 10% mengalami penurunan kuat tekan, dan eton mutu tinggi dengan campuran *fly ash* dan zat *additive* (*Bestmittel*) kuat tekannya belum sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan yaitu sebesar 50 MPa, tetapi masih dalam kategori beton mutu tinggi (> 40 MPa), untuk variasi penambahan *fly ash* 5% ke 7,5% mengalami penurunan kuat tekan rata-rata sebesar 0,320% sedangkan pada variasi 7,5% ke 10 mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 1,16%.

2. Saran

Ada beberapa saran dengan hasil penelitian yang telah dilaksanakan sehingga penelitian tersebut benar-benar dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, antara lain:

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan *fly ash* dan zat *additive* dengan variasi yang lebih banyak untuk mencapai kuat tekan maksimal sesuai yang direncanakan.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan zat *additive* jenis lain terhadap kuat tekan beton mutu tinggi.
- c. Perlu dilakukan penelitian dengan menambahkan serat kawat bendrat atau jenis lain kedalam beton mutu tinggi untuk mendapatkan kuat tekan yang tinggi.

G. DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 1991. SNI 03-2460-1991 : *Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Untuk Campuran Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-2834-2000: *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 36 hlm. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 15-2049-2004: *Semen Portland*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 132 hlm.

Kurniawandy, M., dkk, 2011, *Pengaruh Abu Terbang Terhadap Karakteristik Mekanik Beton Mutu Tinggi*, Universitas Riau.

Mahyar, H., 2012, *Mikro Silika Sebagai Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*, Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.

Olivia, M., Indrawan, B., Sitompul I.R., 2013, *Sifat Mekanis Dan Rembesan Beton*

Suhirkam, D., dkk, 2014, *Beton Mutu K-400 Dengan Penambahan Abu Sekam Padi Dan Superplastisizer*, Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Polstri.

Tjokrodimuljo, K., 2010, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit KMTS Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.