

KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH ABUT TERBANG (*FLY ASH*) DAN ZAT ADIKTIF (*BESTMITTEL*)

Moch. Ervianto, Fadillawaty Saleh, Hakas Prayuda

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Selatan, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183

Email: moch.ervian41@gmail.com; dilla_vu@yahoo.com; hakas.prayuda@ft.umy.ac.id

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 3 variasi, dan diuji pada umur 28 hari. 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.

Kata kunci: Beton Mutu Tinggi, Fly Ashi, *Bestmittel*, Kuat Tekan

Abstract -- High strength concrete is concrete with special treatment that can't be reached by using conventional material without adding the special admixtures. High strength concrete need more cement compare to normal concrete thus fly ash need to be added to high strength concrete to reduce the amount of cement. The aim of this research is to study about the proper proportion for adding the additive (*bestmittel*) and fly ash on high strength concrete also to understand the effect of additional materials to the compressive strength of high strength concrete. Three variation sample with the form of cylinder with diameter 15 cm and 30 cm height were tested at the age of 28 days. compressive strength were affected by the adding the additive (*bestmittel*) on the high strength concrete with fly ash. The more fly ash were using increase the compressive strength but will decrease the quality of the concrete if fly ash is too much added as the replacement of cement. The result from compressive strength with additional fly ash and additive (*bestmittel*) with variation 5%; 7,5%; and 10% were 35,95 MPa; 41,49 MPa; and 40,45 Mpa.

Keywords: High Strength Concrete, Fly Ash, *Bestmittel*, Compressive Strength

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 (Luga and Atis, 2016).

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 (Pandian, 2004).

Kurniawan, 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.

Rusyandi, dkk (2012) meneliti tentang perencanaan beton *self compacting concrete* (beton memadat sendiri) dengan penambahan *fly ash* dan *structuro*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan *superplastisizer* yaitu *structuro* dan *fly ash* terhadap karakteristik beton memadat sendiri, pada penelitian ini menggunakan *structuro* dengan variasi campuran sebesar 0,3% terhadap pengurangan air.

Sedangkan untuk variasi *fly ash* sebesar 8% dari kebutuhan semen, dengan metode pengujian beton berupa *Slump-Cone Tes* pada keadaan beton segar dan dilakukan juga pengujian kuat tekan berupa benda uji berbentuk silinder berukuran 15cm x 30cm pada umur 3 dan 7 hari pada setiap variasi digunakan tiga buah benda uji.

Hasil dari pengujian kuat tekan sebesar 6,12 MPa untuk umur 3 hari dan untuk umur 7 hari sebesar 21,52 MPa, pada penggunaan *admixture structure* sangat berpengaruh terhadap *workability* pada campuran beton *SCC*.

Armeyn (2014) melakukan penelitian mengenai kuat tekan beton dengan *fly ash* ex. PLTU Sijantang Sawahlunto. Dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh kuat tekan beton dengan menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengurangan kebutuhan semen pada variasi campuran 5%; 10%; 20% dan 25%.

Pembuatan benda uji dalam penelitian ini sebanyak 5 buah untuk satu variasi dengan total variasi sebanyak 5 variasi dan berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm, pengujian dilakukan dengan uji tekan pada umur 28 hari untuk setiap variasi. Hasil pengujian meunjukkan beton dengan campuran *fly ash* mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 5,195%; 10,573%; 13,155% dan 16,535% dari beton normal.

Umboh, dkk (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh pemanfaatan abu terbang (*fly*

ash) dari PLTU II Sulawesi utara sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton, *fly ash* yang digunakan pada penelitian ini adalah *fly ash* tipe C, untuk variasi *fly ash* yang digunakan antara lain 0%; 30%; 40%; 50%; 60%, dan 70% dari berat semen. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm dengan jumlah benda uji sebanyak 96 benda uji, pengujian uji tekan dilakukan pada umur 7 hari; 14 hari; 21 hari; dan 28 hari dengan masing-masing variasi sebanyak 16 benda uji. Dari hasil pengujian kuat tekan maksimum beton dengan penambahan *fly ash* terjadi pada variasi 30 % pada umur 28 hari yaitu sebesar 24,18 Mpa dan kuat tekan minimum terjadi pada variasi *fly ash* 70% pada umur 7 hari yaitu sebesar 3,645%.

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.

DASAR TEORI

Definisi Beton Mutu Tinggi

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidrolik 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, (*American Concrete Institute*). Disebut beton mutu tinggi jika kekuatan tekannya diatas 40 MPa dan diatas 80 MPa disebut beton mutu sangat tinggi.

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 (Blissett dan Rowson, 2012) (Sarkar *et.al.*, 2016).

Bahan Penyusun Beton Mutu Tinggi

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. (Tjokrodinuljo, 2010).

Semen *Portland* adalah material yang mengandung paling tidak 75% kalsium silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ dan $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), sisanya tidak kurang dari 5% berupa Al silikat, Al ferit silikat, dan MgO , komposisi kimia komponen yang ada di dalam semen Portland dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Susunan Unsur Semen Portland (Tjokrodinuljo, 2010)

Oksida	Persentase
Kapur, CaO	60-65
Silika, SiO_2	17-25
Alumina Al_2O_3	3-8
Besi Fe_2O_3	0,5-6
Magnesia, MgO	0,5-4
Sulfur, SO_3	1-2
Soda/potash, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	0,5-1

Hasil utama dari proses hidrasi semen berupa ($3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) atau $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ atau CSH yang biasa disebut *tobermorite* yang berbentuk gel. Hasil lain berupa kapur bebas Ca (OH)₂ yang merupakan sisa dari reaksi C_3S dan C_2S dengan air.

Menurut SNI 15-2049-2004 tentang semen *portland*, semen dibagi menjadi 5 jenis sesuai dengan tujuan pemakaiannya, yaitu:

- 1) Jenis I Semen *Portland* untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- 2) Jenis II Semen *Portland* untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3) Jenis III Semen *Portland* untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.
- 4) Jenis IV Semen *Portland* untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.

- 5) Jenis V Semen *Portland* untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat.

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, (Tjokrodinuljo, 2010). Pasir merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan semen untuk membuat adukan. Adapun syarat-syarat pasir yang baik untuk digunakan dalam campuran beton, antara lain sebagai berikut ini.

- 1) Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat lebih baik.
- 2) Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur.
- 3) Pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
- 4) Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir.
- 5) Lumpur yang ada menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
- 6) Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

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 desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecahan batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Menurut SNI 03 – 2847 – 2002, bahwa agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut ini:

- 1) Kerikil atau batu pecah harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal (tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan). Agregat yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.
- 2) Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali jika agregat kasar digunakan untuk membuat beton yang

mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinya dihitung setara Natrium Oksida tidak lebih dari 0,6%, atau dengan menambahkan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaian yang dapat membahayakan oleh karena reaksi alkali-agregat tersebut.

- 3) Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton seperti bahan-bahan yang reaktif sekali dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan NaOH.
- 4) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering) dan apabila mengandung lebih dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.
- 5) Besar butir agregat kasar maksimum tidak boleh lebih daripada $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ dari tebal pelat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau berkas tulangan.

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. Menurut Standar SK SNI - 03 - 2847 - 2002, syarat-syarat air sebagai bahan pembuatan beton adalah:

- 1) Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- 2) Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- 3) Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:

- a) Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
- b) Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

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 elektrostatis biasanya berukuran (0.074 – 0.005 mm). Bahan ini terutama terdiri dari silikon dioksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3).

Fly ash adalah *pozzolan* yang dihasilkan ketika batu bara dibakar dan merupakan partikel yang sangat kecil sehingga bisa melayang di udara. *Fly ash* memiliki berbagai warna (dari cokelat terang sampai abu-abu hingga hitam) dan pH yang bervariasi karena perbedaan kandungan kimianya. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi dalam kandungan mineral *fly ash* (abu terbang) dari batu bara adalah:

- 1) Komposisi kimia batu bara
- 2) Proses pembakaran batu bara
- 3) Bahan tambahan yang digunakan termasuk bahan tambahan minyak untuk stabilitas nyala api dan bahan tambahan untuk pengendalian korosi.

Menurut SNI 03-2460-1991 tentang spesifikasi abu terbang sebagai bahan tambah untuk campuran beton, ada persyaratan kimiawi pada abu terbang, seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Persyaratan Kimiawi (SNI 03-2460-1991)

Senyawa	Kadar %
Jumlah oksidasi $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ minimum	70
SO_3 maks	5
Hilang pijar maksimal	6
Kadar air maksimal	3
Total alkali dihitung sebagai Na_2O maks	1,5

Zat Adiktif

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, mengurangi biaya pekerjaan beton.

Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas

Pengujian kuat tekan beton mutu tinggi menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm. Dengan untuk A (luas penampang), 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 Persamaan (1).

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

Dengan P = beban tekan (kg), A = luas bidang tekan (cm²)

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 Persamaan 2 sebagai berikut:

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

dengan E = modulus elastisitas (MPa), ϵ = regangan aksial (MPa), σ = tegangan aksial (MPa)

Sedangkan untuk perhitungan modulus elastisitas pada beton menggunakan perhitungan seperti pada Persamaan 3.

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

dengan E_c = modulus elastisitas (MPa) F_c' = kuat tekan maksimum (MPa)

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain.

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

Peralatan Penelitian

Beberapa peralatan penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram, untuk mengetahui berat dari bahan-bahan penyusun beton.
- 2) Susunan ayakan digunakan untuk mengetahui susunan butir dari agregat halus dan agregat kasar.
- 3) Gelas ukur kapasitas maksimum 1000 ml, untuk menakar volume air.
- 4) Corong / kerucut *abrams* digunakan untuk mengukur nilai *slump* adukan beton segar.
- 5) Oven, untuk pengujian atau pemeriksaan bahan-bahan yang akan digunakan dalam campuran beton.
- 6) Mesin *los angeles* dengan merek *Tatonas*, untuk menguji tingkat keausan agregat Cetakan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm.
- 7) Mistar dan kaliper, untuk mengukur dimensi dari alat-alat benda uji yang digunakan.
- 8) Mesin pengaduk campuran beton (Molen).
- 9) Mesin uji tekan, digunakan untuk menguji dan mengetahui nilai kuat tekan dari beton yang dibuat.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan pembuatan benda uji dilakukan setelah pemeriksaan material yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Karena data dari pemeriksaan material digunakan untuk perencanaan pada campuran benda uji. Pelaksanaan pembuatan benda uji dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

- 1) Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam campuran beton sesuai dengan porsi dan kebutuhan masing-masing variasi.
- 2) Masukkan kerikil dan pasir ke dalam mesin pengaduk (molen), putar mesin hingga bahan tercampur rata.
- 3) Kemudian tambahkan *fly ash*, sambil diaduk tambahkan semen sedikit demi sedikit agar semen merata.
- 4) Setelah bahan-bahan tersebut tercampur rata tambahkan air serta *besmittel* yang sudah tercampur dengan air sedikit demi sedikit dan aduk hingga adonan beton segar tercampur rata tanpa ada agregat yang menggumpal.
- 5) Keluarkan beton segar dari dalam mesin pengaduk ke atas nampan, kemudian lakukan pengujian *slump* pada beton segar.
- 6) Masukkan beton segar ke dalam cetakan silinder yang sudah disiapkan.
- 7) 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.
- 8) Timbang berat silinder beserta beton segar, kemudian di diamkan selama ± 24 jam.
- 9) Setelah ± 24 jam buka cetakan beton dari silinder, timbang beton yang sudah di buka dari cetakan, kemudian lakukan perendaman/perawatan beton ± 28 hari.
- 10) Setelah 28 hari, beton diangkat lalu diukur dimensi beton yaitu diameter dan tinggi beton, beton sudah siap diuji tekan.

Tabel 3. Komposisi Variasi Beton Mutu Tinggi

Kebutuhan Bahan Dasar Beton Mutu Tinggi						
Campuran (%)	Fly ash (kg)	Zat additiv (kg)	Air (l)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
5	0,19	0,019	1,2	3,61	2,43	4,95
7,5	0,285	0,019	1,2	3,51	2,43	4,95
10	0,38	0,019	1,2	3,42	2,43	4,95

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Agregat

Hasil pemeriksaan agregat diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Pengujian	Satuan	Nilai
1	Gradasi Butiran	-	Daerah 2
2	Gradasi Agregat	-	2,648
3	Kadar Air Agregat	%	4,575
4	Berat Jenis	-	2,59
5	Penyerapan Air	%	0,26
6	Berat Satuan	g/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 5. Hasil Pengujian Agregat Kasar (*split*) Clereng, Kulon Progo

No.	Jenis Pengujian Agregat	Hasil
1	Berat jenis	2,63
2	Berat satuan (gr/cm ³)	1,55
3	Keausan (%)	21,36
4	Kadar air (%)	0,549
5	Penyerapan air (%)	1,438
6	Kadar lumpur (%)	1,750

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 pada agregat kasar kering permukaan (SSD).

Hasil Kuat Tekan Beton

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. Penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan pada beton mutu tinggi dengan campuran *fly ash* dan zat *additive* (*bestmittel*). Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 6. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Variasi ASP 5% umur 28 hari

Kode	Luas permukaan (cm ²)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
V1	181,46	19,96	31,29
V2	179,08	35,95	
V3	183,85	33,35	
V4	179,08	30,56	
V5	176,71	32,48	
V6	179,08	35,46	

Tabel 6 menunjukkan kuat tekan beton umur 28 hari dengan variasi campuran *fly ash* 5% dan zat *additive* (besmittel) 0,5% dari kebutuhan penggunaan semen, diperoleh kuat tekan minimal sebesar 19,96, sedangkan untuk kuat tekan maksimal diperoleh sebesar 35,95 MPa, kuat tekan rata-rata dari semua benda uji diperoleh sebesar 31,29 MPa, dan untuk standar deviasinya diperoleh sebesar 5,89 Mpa.

Tabel 7. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi 7,5% umur 28 hari

Kode	Luas Permukaan (cm ³)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
V1	181,46	24,63	31,19
V2	176,71	41,49	
V3	179,08	29,36	
V4	179,08	20,87	
V5	174,37	33,10	
V6	176,71	37,72	

Tabel 7 menunjukkan hasil kuat tekan beton umur 28 hari dengan variasi *fly ash* 7,5% dan zat *additive* (besmittel) 0,5% dari kebutuhan penggunaan semen, diperoleh tekan minimal sebesar 20,87 MPa dan untuk kuat tekan maksimal sebesar 41,49 MPa, sedangkan kuat tekan rata-rata diperoleh sebesar 31,19 MPa. Standar deviasi sebesar 7,81 MPa.

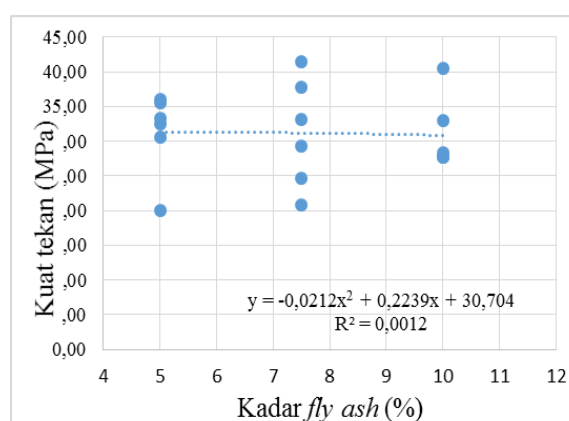
Tabel 8 menunjukkan hasil kuat tekan beton umur 28 hari dengan variasi *fly ash* sebesar 10% dan zat *additive* (besmittel) 0,5% dari kebutuhan penggunaan semen, diperoleh kuat tekan minimal sebesar 27,66 MPa sedangkan kuat tekan maksimal diperoleh sebesar 40,45 MPa, dan untuk kuat tekan rata-rata diperoleh sebesar 30,83 MPa, sedangkan standar deviasinya sebesar 5,41 MPa.

Tabel 8. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi 10% umur 28 hari

Kode	Luas Permukaan (cm ³)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
V1	176,08	27,66	30,83
V2	176,71	28,34	
V3	176,71	27,69	
V4	176,71	40,45	
V5	179,08	32,96	
V6	176,71	27,86	

Gambar 1 menunjukkan 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 makan akan semakin menurun kuat tekannya dikarenakan penggunaan semen akan lebih sedikit, karena *fly ash* belum bisa sepenuhnya seperti semen yang fungsinya mengikat.

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 makan akan semakin menurun kuat tekannya dikarenakan penggunaan semen akan lebih sedikit, karena *fly ash* belum bisa sepenuhnya seperti semen yang fungsinya mengikat.



Gambar 1. Perbandingan penambahan *fly ash* terhadap kuat tekan

Gambar 1 menunjukkan 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 makan akan semakin menurun kuat tekannya dikarenakan penggunaan semen akan lebih sedikit, karena *fly ash* belum bisa sepenuhnya seperti semen yang fungsinya mengikat.

Kuat tekan diperoleh nilai modulus elastisitas beton sebesar 30273 MPa. Kuat tekan

beton mutu tinggi dengan penambahan *fly ash* dan zat *additive* (*Bestmittel*) belum sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan sebesar 50 MPa, hasil kuat tekan maksimal rata-rata yang didapat sebesar 31,29 MPa, sedangkan untuk kuat tekan maksimal didapat pada satu benda uji sebesar 41,49 MPa, dari hasil yang didapat beton masih dalam kategori beton mutu tinggi (>40 MPa) dikarenakan ada beberapa faktor yaitu, proses pengerjaan dalam pembuatan benda uji, kekuatan dan kebersihan agregat, bahan, pemadatan dan perawatan benda uji.

Pengamatan pada beton menunjukkan beton sedikit tidak berongga dan permukaan lebih halus. Setelah diuji kuat tekan beton sedikit terjadi 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.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan dapat diambil kesimpulan penambahan zat *additive* (*Bestmittel*) pada beton mutu tinggi berbahan dasar *fly ash* mempengaruhi kuat tekan beton. Semakin besar *fly ash* yang digunakan maka akan menurun kuat tekannya jika terlalu banyak penggunaan *fly ash* yang ditujukan sebagai pengganti sebagian semen. 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 penurunan kuat tekan rata-rata sebesar 1,16%. Pada variasi 5%; 7,5%; dan 10% kuat tekan rata-rata masing-masing sebesar 31,29 MPa; 31,19 MPa; dan 30,83 MPa dengan nilai fas 5 cm – 7 cm.

Ada beberapa saran dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan sehingga penelitian yang akan datang benar-benar dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, antara lain dibawah ini. Pertama, 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. Kedua, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan zat *additive* jenis lain terhadap kuat tekan beton mutu tinggi. Terakhir adalah perlu dilakukan penelitian dengan menambahkan serat kawat bendrat atau jenis lain kedalam beton mutu tinggi untuk mendapatkan kuat tekan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Armeyn., *Kuat tekan Beton Dengan Fly Ash Ex. PLTU Sijantang Sawah lunto*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang. 2014.
- Blissett, R.S. and Rowson, N.A. A Review of the Multi-component Utilisation of Coal Fly Ash. *Fuel*. 2012; 97;1-23.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2012.03.024>
- Kurniawan, C., Perdamean Sebayang dan Muljadi. Pembuatan Beton High-Strength Berbasis Mikrosilika dari Abu Vulkanik Gunung Merapi. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH*. 2011; 29: 15-21.
- Luga, E. and Atis, C. D. Strength Properties of Slag / Fly Ash Blends Activated with Sodium Metasilicate and Sodium Hydroxide+Silica Fume. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 2016; 60 (2): 223-228.
<http://dx.doi.org/10.331/PPci.8270>
- Mahyar, H., *Mikro Silika Sebagai Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*, Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. 2012.
- Mulyono, T. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi. 2004.
- Pandian, N.S. Fly Ash Characterization with Reference to Geotechnical Applications. *Journal of the Indian Institute of Science*. 2004; 84: 189-216.
- Rusyandi, K., Mukodas, J., Gunawan, Y., *Perancangan Beton Self Compacting Concrete (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan Fly Ash dan Structuro*. Sekolah Tinggi Teknologi Garut. 2012.
- Sarkar, A., Saharani, A. K., Roy, D.K., Samanta, A. Compressive Strength of Sustainable Concret Combining Blast Furnace Slag and Fly Ash. *IUP Journal of Structural Engineering*. 2016; 9 (1): 17-26.
- Tjokrodinuljo, K., *Teknologi Beton*, Biro Penerbit KMTS Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 2010.
- Umboh, A.H., Sumanjouw, M.D.J., Windah, R.S., *Pengaruh Abu Terbang (Fly Ash) Dari PLTU II Sulawesi Utara Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton*, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2014.