

“PENGARUH PEMAKAIAN FLY ASH SEBAGAI CEMENTITIOUS PADA BETON MUTU TINGGI TERHADAP KUAT TEKAN BETON UMUR 28 – 91 HARI.”

Tharsisius Floridus Luan¹, Mohammad Erfan²

¹Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang

²Dosen, Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Bendungan sigura-gura No.2 Malang

Email : frydluan@gmail.com, mohammad_erfan@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK

Pada dasarnya, *fly ash* mempunyai bentuk butiran partikel sangat halus sehingga dapat menjadi pengisi rongga-rongga (*filler*) dalam beton sehingga mampu meningkatkan kekuatan beton dan menambah kedapapan beton terhadap air serta mempunyai keunggulan dapat mencegah keretakan halus (*crack*) pada permukaan beton. Penambahan *fly ash* pada campuran beton bersifat pozzolan, sehingga bisa menjadi bahan tambah mineral yang baik untuk beton. Dalam pembuatan beton pada umumnya, pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari, dimana peramalan kekuatan beton selalu dikonversikan ke umur 28 hari, karena dianggap kekuatan beton telah mencapai 100% mutu rencana dan dianggap stabil sampai pada umur seterusnya. Akan tetapi dengan pemakaian *fly ash* pada beton yang tidak terlepas dari sifat *fly ash* itu sendiri yang dapat mempengaruhi proses hidrasi semen. Penelitian mencari tahu pengaruh pemakaian *fly ash* pada beton mutu tinggi di umur 28 – 91 hari. Total benda uji sebanyak 50 sampel, dimana 1 variasi umur terdapat 5 sampel. Variasi umur yang diberikan adalah 28 hari, 35 hari, 42 hari, 49 hari, 56 hari, 63 hari, 70 hari, 77 hari, 84 hari, dan umur puncak pada 91 hari dengan mutu f'c 50 MPa. hasil pengujian hipotesis dan analisa regresi, dimana $t_{hitung} = 8,103 > t_{tabel} = 3,182$ dengan nilai determinasi (R^2) = 89,14%, dan koefisien korelasi (R) sebesar 0,9441. Perubahan kuat tekan beton sebesar 56,93 MPa (13,86%) – 64,52 MPa (29,03%) diatas kuat tekan yang direncanakan f'c 50 Mpa pada umur 28 hari - umur 91 hari dengan pemakaian fly ash 40% pada campuran beton. semakin sedikit penggunaan air dan semakin kecil faktor W/C (berat air dibagi berat semen) menghasilkan mutu beton yang tinggi, akan tetapi dengan menggunakan superplasticizer yang memudahkan proses pengerjaan dan kelecakan (*workability*) pada campuran tersebut. hal ini dibuktikan dengan tercapainya mutu beton f'c 50 MPa pada umur 28 hari sebesar 56,93 MPa dengan nilai faktor air semen 0,316. Kuat tekan maksimum pada umur 91 hari dengan nilai kuat tekan sebesar 64,52 MPa dengan persentase kenaikan kuat tekan sebesar 29,03% dari mutu rencana. Hal ini dapat diperkirakan adanya kenaikan kuat tekan diatas 91 hari ditinjau dari arah kurva analisa regresi yang belum stabil.

Kata Kunci : fly ash, kuat tekan beton, umur beton.

Basically, fly ash has a very fine particle shape so that it can fill cavities (filler) in concrete so as to increase the strength of concrete and increase the impermeability of concrete to water and has the advantage of being able to prevent fine cracks (cracks) on concrete surfaces. The addition of fly ash in the concrete mixture is pozzolanic, so it can be a good mineral added material for concrete. In making concrete in general, concrete compressive strength testing is carried out at 3, 7, 14, and 28 days, where forecasting the strength of concrete is always converted to 28 days, because it is considered that the strength of concrete has reached 100% the quality of the plan and is considered stable until the age so on. However, the use of fly ash in concrete can not be separated from the nature of the fly ash itself which can affect the cement hydration process. Research to find out the effect of the use of fly ash on high quality concrete at the age of 28-91 days. The total specimens were 50 samples, where 1 age variation there were 5 samples. The age variations given were 28 days, 35 days, 42 days, 49 days, 56 days, 63 days, 70 days, 77 days, 84 days, and the peak age at 91 days with a quality of f'c 50 MPa. the results of hypothesis testing and regression analysis, where $t_{count} = 8.103 > t_{table} = 3.182$ with a value of determination (R^2) = 89.14%, and the correlation coefficient (R) of 0.9441. Changes in concrete compressive strength of 56.93 MPa (13.86%) - 64.52 MPa (29.03%) above the planned compressive strength f'c 50 MPa at the age of 28 days - age 91 days with the use of fly ash 40% in concrete mix. the less water usage and the smaller W / C factor (water weight divided by cement weight) results in high concrete quality, but using a superplasticizer that facilitates the workability and workability of the mixture. this is evidenced by the achievement of 50 MPa f'c concrete quality at 28 days at 56.93 MPa with a cement water factor value of 0.316. Maximum compressive strength at the age of 91 days with a compressive strength value of 64.52 MPa with a percentage increase in compressive strength of 29.03% of the quality of the plan. It can be estimated that there is an increase in compressive strength above 91 days in terms of the direction of the regression analysis curve which is not yet stable.

Keywords: fly ash, compressive strength, concrete age.

PENDAHULUAN

Pada era yang semakin maju ini, terjadi perkembangan pembangunan yang sangat pesat, salah satunya dalam dunia konstruksi dengan memanfaatkan limbah batu bara abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan pengganti semen pada campuran beton. Konsep ini dikenal dengan istilah *green construction* (gerakan yang mencita-citakan terciptanya konstruksi ramah lingkungan). Pemakaian *fly ash* ini berfungsi sebagai *cementitious* (bahan yang menyerupai fungsi semen pada beton), sehingga dapat meminimalisir penggunaan semen yang berlebihan.

Pada dasarnya, *fly ash* mempunyai bentuk butiran partikel sangat halus sehingga dapat menjadi pengisi rongga-rongga (*filler*) dalam beton sehingga mampu meningkatkan kekuatan beton dan menambah kedekatan beton terhadap air serta mempunyai keunggulan dapat mencegah keretakan halus (*crack*) pada permukaan beton. Penambahan *fly ash* pada campuran beton bersifat pozzolan, sehingga bisa menjadi bahan tambah mineral yang baik untuk beton. Pozzolan adalah bahan yang mengandung silika atau silika dan aluminium yang bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada temperatur biasa membentuk senyawa bersifat *cementitious* (bersifat mengikat). Ketika bereaksi dengan air menjadikan senyawa yang meningkatkan kekuatan beton serta dapat menurunkan panas hidrasi semen menjadi lambat, sehingga beton perlu waktu lebih lama untuk sempurna dalam proses hidrasi. Penggunaan *fly ash* ini harus sesuai dengan aturan. Sebab jika penambahan *fly ash* terlalu banyak maka mutu dari beton tersebut justru akan turun. Maka dari itu penambahan *fly ash* pada campuran pembuatan beton disesuaikan takaran atau ukuran dalam komposisi penggunaannya.

Dalam pembuatan beton pada umumnya, pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari, dimana peramalan kekuatan beton selalu dikonversikan ke umur 28 hari, karena dianggap kekuatan beton telah mencapai 100% mutu rencana dan dianggap stabil sampai pada umur seterusnya. Akan tetapi dengan pemakaian *fly ash* pada beton yang tidak terlepas dari sifat *fly ash* itu sendiri yang dapat mempengaruhi proses hidrasi semen, munculah penelitian mengenai optimasi pemakaian *fly ash* pada beton dimana pemakaian *fly ash* pada beton berdasarkan aturan (SNI 03-6468-2000) dengan kadar *fly ash* sebesar 20 – 35% terhadap berat semen portland. Namun pada penelitian yang dilakukan oleh Jandsem Heo Madi : 2018, dengan judul “OPTIMASI PENGGUNAAN FLY ASH DENGAN KADAR SEMEN MINIMUM PADA BETON MUTU TINGGI”, dengan pemakaian kadar *fly ash* sebesar 30%, 35%, 40%, 45%, dan 50%, didapat hasil pemakaian kadar *fly ash* optimum pada umur 28

hari sebesar 40%, dimana adanya kenaikan kuat tekan sebesar 27,2 % dari mutu rencana 50 Mpa pada umur 28 hari.

adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Adakah pengaruh pemakaian *fly ash* sebagai *cementitious* pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan beton umur 28 hari, 35 hari, 42 hari, 49 hari, 56 hari, 63 hari, 70 hari, 77 hari, 84 hari, dan 91 hari ?
2. Berapa kuat tekan maksimum yang didapat dari hasil pengujian pada variasi umur yang diberikan ?

LANDASAN TEORI

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI-03-2847-2002). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari.

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Tri Mulyono, 2004). Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat compression testing machine.

Abu terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang (*Fly Ash*) adalah residu halus yang dihasilkan dari pembakaran atau pembubukan batu bara dan ditransportasikan oleh aliran udara panas (SNI 2460-2014). Adapun klasifikasi dari abu terbang adalah sebagai berikut :

- a. Kelas N adalah posolan alam mentah atau telah dikalsinasi memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas N, misalnya beberapa tanah *diatomae* (hasil lupukan); batu rijang opalan dan serpih; tufa dan abu vulkanik atau batu apung, dikalsinasi atau tidak, dan berbagai bahan yang memerlukan kalsinasi untuk menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan, misalnya lempung dan serpih.
- b. Kelas F adalah abu terbang dari batu bara memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas F. Abu terbang kelas F mempunyai sifat *pozzolanik*, biasanya dihasilkan dari pembakaran antrasit atau batu bara *bituminous*, tetapi dapat juga dihasilkan dari batu bara *subbituminous* dan *lignite*.
- c. Kelas C adalah abu terbang dari batu bara memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas C. Abu terbang kelas C memiliki sifat *pozzolanik*,

biasanya dihasilkan dari pembakaran lignite atau batu bara subbituminous, dan dapat juga dihasilkan dari *antrasit* atau batu bara *bituminous*. Abu terbang kelas C mengandung kadar kalsium total, yang dinyatakan sebagai kalsium oksida (CaO) lebih tinggi dari 10%.

METODOLOGI PENELITIAN

Tujuan Penelitian Secara Operasional

Secara operasional tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemakaian *fly ash* sebagai *cementitious* pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan beton umur 28 – 91 hari.. Dari hasil yang diperoleh akan dilakukan analisa, evaluasi, dan disimpulkan. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental yang akan dilaksanakan pada bulan maret - juli 2019 di Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang.

Studi penelitian ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu :

a. Studi Pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk merumuskan hipotesis penelitian dan juga mengkaji variabel-variabel yang diteliti dengan mempelajari teori-teori.

b. Studi Eksperimen

Studi eksperimen bertujuan untuk mendapatkan maupun mengumpulkan data-data yang diperlukan dan dilakukan di laboratorium. Data-data yang telah didapatkan, kemudian dianalisa secara statistik untuk menguji hipotesis sehingga didapatkan kesimpulan akhir.

Adapun langkah-langkah penelitian pada studi eksperimen secara garis besar adalah sebagai berikut :

- a. Pengujian berat isi.
- b. Analisa agregat kasar dan agregat halus.
- c. Pengujian bahan lewat saringan No.200
- d. Pengujian kadar organik agregat halus.
- e. Pengujian kadar lumpur agregat halus.
- f. Pengujian kadar air agregat kasar dan agregat halus.
- g. Pengujian berat jenis penyerapan agregat kasar.
- h. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.
- i. Pengujian berat jenis semen.
- j. Pengujian berat jenis *fly ash*.
- k. Pengujian keausan agregat kasar (*abrasi test*) dengan menggunakan alat *Los Angeles*.
- l. Perencanaan campuran beton.
- m. Pencampuran beton.
- n. Pengujian slump.
- o. Pembuatan benda uji.
- p. Perawatan benda uji.
- q. Pengujian benda uji.

Populasi dan Sampel

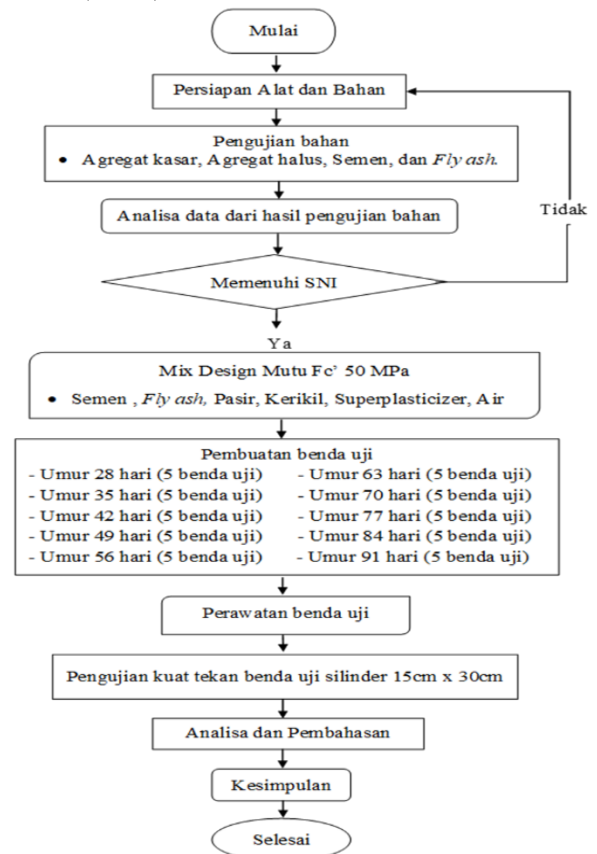
Pada penelitian ini benda uji keseluruhan dapat disebut Populasi. Sedangkan benda uji yang mewakili sebagian dari anggota populasi disebut sampel. Variasi campuran dan jumlah sampel (benda uji) ditentukan sebagai berikut :

Jenis pengujian	Umur (hari)	Fly ash (%)	Ukuran Sampel (cm)	Jumlah sampel
Kuat Tekan	28	40%	Silinder 15 x 30	5
Kuat Tekan	35		Silinder 15 x 30	5
Kuat Tekan	42		Silinder 15 x 30	5
Kuat Tekan	49		Silinder 15 x 30	5
Kuat Tekan	56		Silinder 15 x 30	5
Kuat Tekan	63		Silinder 15 x 30	5
Kuat Tekan	70		Silinder 15 x 30	5
Kuat Tekan	77		Silinder 15 x 30	5
Kuat Tekan	84		Silinder 15 x 30	5
Kuat Tekan	91		Silinder 15 x 30	5

Tabel 3.1 Variasi Pengujian Kuat Tekan Beton

Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan beton dari setiap benda uji. Tujuannya untuk menentukan kekuatan tekan beton yang dibuat dan dirawat (*cured*) di laboratorium.



Gambar 3.4 Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material Campuran Beton

Sebelum dilakukan perencanaan campuran beton, terlebih dahulu dilakukan pengujian masing-masing bahan material yang akan digunakan pada campuran beton. Pengujian pada material ini meliputi berat isi, analisa saringan, kadar lumpur, kadar organik, kadar air, berat jenis, keausan. Pengujian ini mengacu pada Standart Nasional Indonesia yang berlaku.

No.	Pengujian	Standar Acuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1.	Berat isi agregat kasar 5mm x 10mm (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,34 1,45	-
2.	Berat isi agregat kasar 10mm x 20mm (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,43 1,56	-
3.	Berat isi agregat halus (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,53 1,64	-
4.	Berat isi semen (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,22 1,35	-
5.	Berat isi fly ash (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,37 1,50	-
6.	Analisa saringan agregat halus	SNI 03-1968-1990	-	Masuk zone 2	-
7.	Analisa saringan agregat kasar 5/10mm	SNI 03-1968-1990	-	Maks. 10 mm	-
8.	Analisa saringan agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1968-1990	-	Maks. 20 mm	-
9.	Bahan lolos saringan No.200 agregat halus (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5,00	0,45	Memenuhi
10.	Bahan lolos saringan No.200 agregat kasar 5/10mm (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5,00	3,42	Memenuhi
11.	Bahan lolos saringan No.200 agregat kasar 10/20mm (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5,00	0,10	Memenuhi

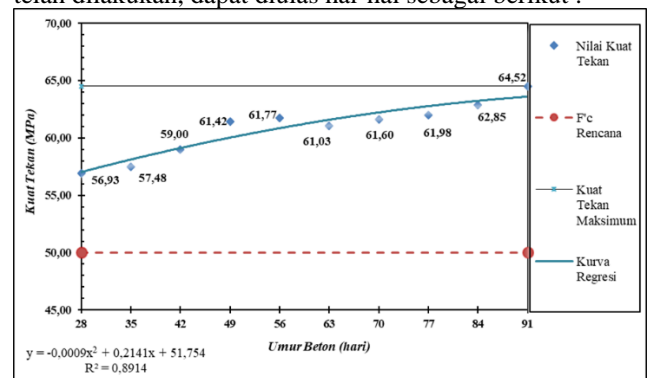
Tabel 4.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian Material

No.	Pengujian	Standar Acuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
12.	Kadar lumpur agregat halus (%)	SNI 03-4428-1997	Maks. 5,00	0,19	Memenuhi
13.	Kadar zat organik agregat halus	SNI 2816:2014	-	Warna cairan bening	-
14.	Kadar air asli agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 5/10mm • Agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1971-1990	-	2,70 0,91 0,70	-
15.	Kadar air <i>ssd</i> agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 5/10mm • Agregat kasar 10mm/20mm	SNI 03-1971-1990	-	0,35 1,63 0,87	-
16.	Bj <i>bulk</i> agregat halus Bj <i>ssd</i> agregat halus Bj <i>apparent</i> agregat halus Penyerapan agregat halus (%)	SNI 1970:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3,00	2,72 2,73 2,75 0,38	Memenuhi - - Memenuhi
17.	Bj <i>bulk</i> agregat kasar 5/10mm Bj <i>ssd</i> agregat kasar 5/10mm Bj <i>apparent</i> agregat kasar 5/10mm Penyerapan agregat kasar 5/10 mm (%)	SNI 1969:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3,00	2,69 2,72 2,79 1,37	Memenuhi - - Memenuhi
18.	Bj <i>bulk</i> agregat kasar 10/20mm Bj <i>ssd</i> agregat kasar 10/20mm Bj <i>apparent</i> agregat kasar 10/20mm Penyerapan agregat kasar 10/20 mm (%)	SNI 1969:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3,00	2,70 2,73 2,79 1,19	Memenuhi - - Memenuhi
19.	Bj semen portland	SNI 03-2531-1991	-	3,12	-
20.	Bj fly ash	SNI 03-2531-1991	-	3,01	-
21.	Konsistensi dan Waktu ikat semen •Waktu ikat awal (menit) •Waktu ikat akhir (menit)	SNI 15-2049-2004	Min. 45 Maks. 375	202 300	Memenuhi Memenuhi
22.	Abrasi (<i>los angeles</i>) %	SNI 2417:2008	Maks. 40	13,17	Memenuhi

Tabel 4.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian Material

Analisa dan Pembahasan

Setelah dilakukan perhitungan, analisa, dan pengujian kevalidan data daari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diulas hal-hal sebagai berikut :



Grafik 4.8 Analisa Regresi Hubungan Pemakaian Fly Ash Sebagai Cementitious Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kuat Tekan Beton Umur 28 - 91 Hari.

Berdasarkan grafik regresi kuat tekan diatas dapat dilihat bahwa pemakaian fly ash sebagai cementitious pada beton mutu tinggi umur 28-91 hari mengalami perubahan dan kenaikan kuat tekan dari kuat tekan rencana f'c 50 MPa. Pada umur 28 hari, kuat

tekan beton yg didapat sebesar 56 MPa, umur ke 49 sampai 77 hari, kuat tekan beton yang diperoleh sebesar 61 Mpa, kemudian pada umur 91 hari diperoleh kuat tekan maksimum sebesar 64 MPa. Hal ini dapat disimpulkan adanya indikasi kenaikan kuat tekan beton pada umur lebih dari 91 hari dikarenakan proses hidrasi pada beton yang dipengaruhi oleh pemakaian *fly ash* telah mencapai 100% pengerasan dan kekuatan maksimum.

Dari hasil analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = -0,0009x^2 + 0,2141x + 51,754$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar **0,8914** dan koefisien korelasi (R) sebesar **0,9441**. Hal ini berarti bahwa **89,14%** kuat tekan beton dipengaruhi oleh pemakaian *fly ash* sebagai *cementitious* pada beton mutu tinggi umur 28- 91 hari, Sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal lain. Koefisien korelasi (R) sebesar **0,9441** menggambarkan tingkat hubungan antara variabel sangat kuat karena berada diantara interval 0,80 – 1,00.

Dari uji hipotesis didapatkan nilai thitung sebesar **8,103**, Sedangkan nilai ttabel sebesar **2,306** dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$. Karena thitung > ttabel yaitu **8,103 > 2,306** maka hasil analisa regresi adalah signifikan. Hal ini berarti H_a diterima dan H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa adanya pengaruh pemakaian *fly ash* sebagai *cementitious* pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan umur 28-91 hari.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian, pengujian dan perhitungan yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sehubungan dengan pengaruh pemakaian *fly ash* sebagai *cementitious* pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan umur 28-91 hari sesuai dengan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Adapun pengaruh pemakaian *fly ash* sebagai *cementitious* pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan umur 28-91 hari sebagai berikut :

Pengaruh pemakaian *fly ash* sebagai *cementitious* pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan umur 28-91 hari dibuktikan dari hasil pengujian hipotesis dan analisa regresi, dimana thitung = **8,103** > ttabel = **2,306** dengan nilai determinasi (R^2) = **89,14%**, dan koefisien korelasi (R) sebesar **0,9441**. Maka hipotesis H_a diterima dan H_0 ditolak.

Perubahan kuat tekan beton sebesar **56,93 MPa (13,86%) – 64,52 MPa (29,03%)** dari kuat tekan yang direncanakan **f'c 50 Mpa** pada umur 28 hari - umur 91 hari dengan pemakaian *fly ash* sebagai *cementitious* pada beton mutu tinggi. Hal ini dibuktikan setelah diuji kualitas dan kevalidan data

pada pengujian interval kepercayaan dan analisa regresi.

Perubahan kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh air dan nilai faktor air semen, semakin sedikit penggunaan air dan semakin kecil faktor W/C (berat air dibagi berat semen) akan menghasilkan mutu beton yang tinggi, akan tetapi dengan menggunakan bahan tambah *superplasticizer* yang memudahkan proses pengerjaan dan kelecakan (*workability*) pada campuran tersebut. hal ini dibuktikan dengan tercapainya mutu beton **f'c 50 MPa** pada umur 28 hari sebesar **56,93 MPa** dengan nilai faktor air semen **0,316**.

2. Berdasarkan hasil pengujian kevalidan data pada pengujian interval kepercayaan dan analisa regresi, maka didapat kuat tekan maksimum pada umur 91 hari dengan nilai kuat tekan sebesar **64,52 MPa** dengan persentase kenaikan kuat tekan sebesar **29,03%** dari mutu rencana. Hal ini dapat diperkirakan adanya kenaikan kuat tekan diatas 91 hari ditinjau dari arah kurva analisa regresi yang belum stabil.

Saran

Setelah melihat hasil penelitian ini dan menyadari adanya kekurangan, keterbatasan biaya dan waktu, maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Ketelitian alat dan metode pelaksanaan pada penelitian harus sesuai prosedur serta acuan yang berlaku hal ini sangat diperlukan untuk memperoleh data yang akurat.
2. Pemakaian *superplasticizer* untuk meningkatkan kelecakan (*workability*) agar campuran mudah dikerjakan, khususnya untuk campuran dengan nilai faktor air semen yang kecil.
3. Pembuatan benda uji dengan campuran normal (0%) tetap diperlukan sebagai pembandingan terhadap variasi campuran yang diteliti.
4. Dari hasil penelitian ini, dianjurkan untuk melakukan penelitian lebih lanjut setelah umur 91 hari. Berdasarkan hasil dari grafik analisa regresi yang menunjukkan adanya indikasi kenaikan kuat tekan beton yang maksimal pada umur tertentu sehubungan dengan proses pengerasan beton tersebut akibat pemakaian *fly ash* sebagai bahan *cementitious* (bersifat mengikat) pada campuran beton mutu tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2000). *Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland Dengan Abu Terbang* (SNI 03-6468-2000), Badan Standarisasi Nasional.

- Anonim (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal* (SNI 03-2834-2000), Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2002). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal* (SNI 03-2834-2002), Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2003). *Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi, Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Institut Teknologi Nasional, Malang.*
- Anonim (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder* (SNI 1974-2011), Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2014). *Spesifikasi Abu Terbang Batu Bara dan Pozolan Alam Mentah atau Yang Telah Dikalsinasi Untuk Digunakan Dalam Beton* (SNI 2460-2014), Badan Standarisasi Nasional.
- Antoni dan Paul Nugraha. 2007. *Teknologi Beton*. Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- Jandsem Heo Madi. 2018. *Studi Penelitian "Optimasi Penggunaan Fly Ash Dengan Kadar Semen Minimum Pada Beton Mutu Tinggi"*. Skripsi Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Kevin Lincolen. 2017. *Pengaruh Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton Beragregat Halus Bottom Ash*. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Masyita Dewi Koraia. 2013. *Pengaruh Penambahan Fly Ash Dalam Campuran Beton Sebagai Substitusi Semen Ditinjau Dari Umur Dan Kuat Tekan"*. Jurnal Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton*. Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- Surya Sebayang. 2010. *Pengaruh Kadar Abu Terbang Sebagai Pengganti Sejumlah Semen Pada Beton Alir Mutu Tinggi*. Jurnal Rekayasa, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Tjokrodinuljo, 2007. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit, Yogyakarta.
- Tavio dan Lasino. 2015. *Teknologi Beton*. Penerbit C.V Cipta Dea Pustaka, Bandung.
- Yayuk Sri Sundari, 2012. *Pengaruh Umur Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan Pada Mutu Beton*. Jurnal Media Sains, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945. Samarinda.