



METODE PEMERIKSAAN EFEK KADAR ADMIXTURE PADA KUAT TEKAN BETON NORMAL K-225

Benny Kusumo^{1*}

¹Program Magister Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan

ABSTRAK

Beton normal adalah batu buatan yang dibuat dari adukan pasta semen dengan agregat halus dan kasar. Karakteristik beton dapat diubah dengan diberi bahan tambahan kimia. Pada pemeriksaan efek kadar admixture terhadap kuat tekan beton normal K-225 digunakan admixture kimia yang dibuat dari semacam enzyme. Pada makalah ini diuraikan efek kadar *admixture enzyme* tersebut pada kuat tekan beton normal K-225. Kadar admixture yang digunakan 0-0,5% dari kadar semen yang divariasikan setiap 0,1%. Proporsi campuran beton menggunakan metode volume absolut agregat halus 30%, agregat kasar 40%, pasta semen 30%. Pengujian tekan yang dilakukan pada kubus-kubus beton 15x15x15 cm untuk umur 7-60 hari menunjukkan efek admixture berkurang pada beton umur tua. Diperoleh kesimpulan bahwa untuk umur beton 7 hari kadar admixture 0,3% menghasilkan kuat tekan lebih tinggi 7% terhadap beton normal, namun pada umur tua menunjukkan kuat tekan maksimum dicapai oleh beton normal. Metode pemeriksaan yang digunakan juga dapat diaplikasikan pada pemeriksaan efek kadar admixture bukan enzyme pada kuat tekan beton normal.

Kata kunci: beton normal, *admixture enzyme*, kuat tekan

ABSTRACT

A normal concrete is an artificial stone that made from stirring cement paste with fine and coarse aggregates. The concrete characteristics can be changed by adding a chemical admixtures. on the admixtures content effect examination against the compressive strength of normal concrete k-225. The chemical admixtures that made from something like enzyme is used. On this paper outlined the effect of an admixtures enzyme content at the compressive strength of normal concrete k-225. The admixtures content which is used is 0-0.5% from cement content which is variated in every 0.1%. Mixed concrete proportions used absolute volume method, 30% fine aggregates, 40% coarse aggregates, 30% cement paste. The compression test is performed on 15x15x15 cm concrete cubes for 7-60 days showed that the admixtures effect are reduced at old concrete. Concluded that for 7 days concrete age the admixtures content is 0.3% produced 7% higher at normal concrete, however at old age showed compressive strength examination reached by normal concrete. Examination method which is used can be applicated too at admixtures content effect examination, not the enzyme at normal concrete compressive strength.

Keywords: normal concrete, *admixtures enzyme*, compressive strength

1 PENDAHULUAN

Struktur beton bertulang adalah tipe struktur yang paling umum digunakan dalam konstruksi bangunan gedung karena analisis maupun pengerjaannya relatif sederhana dan disamping itu banyak tersedia berbagai macam perangkat lunak untuk bangunan yang modelnya tipikal misalnya ruko, apartemen, rumah susun dan hotel. Material utama untuk membuat beton relatif tidak sulit didapat, yaitu: berbagai macam semen Portland, air, agregat halus, agregat kasar dan bahan campuran tambahan (*admixture*). Semen Portland merupakan komoditas yang strategis, karena perubahan harga semen Portland selalu mempengaruhi harga berbagai macam bahan bangunan lain. Harga semen dapat fluktuatif karena dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama harga batu bara dan minyak bumi

yang mengikuti harga di pasaran dunia. Oleh karena itu, baik produksi maupun penggunaan semen Portland sedapat mungkin harus ekonomis. Proporsi campuran beton dapat direncanakan dengan salah satu metode yang telah diakui, antara lain :

1. ACI 211.1-91 *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Weight Concrete* [2]
2. SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal [5]

Metode klasik untuk menghasilkan kekuatan beton yang lebih tinggi adalah dengan menggunakan nilai faktor air semen (w/c) lebih rendah, tetapi hal ini mengakibatkan konsistensi adukan beton semakin kental sehingga lebih sulit dikerjakan, atau kurang workable. Untuk menghasilkan *workability* sesuai slump yang direncanakan, dapat digunakan

*Corresponding author. e-mail:benny.zaizai168@gmail.com

berbagai macam admixture kimia, yang oleh ACI 212-3R91 *Chemical Admixtures* dirangkum dalam 5 kelompok yaitu: *air-entraining, accelerating, water-reducing/set-controlling admixtures, admixtures for flowing concrete dan miscellaneous admixtures.*

Perkembangan jenis admixture kimia berlangsung sangat pesat sehingga sangat mungkin terdapat jenis baru admixture yang belum termasuk klasifikasi ACI 212-3R91 [1]. Dalam hal ditemukan admixture semacam ini, atau bilamana dijumpai admixture yang diragukan manfaatnya, maka tidak boleh langsung digunakan dan harus terlebih dahulu melalui uji eksperimental untuk memeriksa efek positif maupun negatif yang mungkin ditimbulkan pada karakteristik campuran beton segar (*fresh concrete*) maupun pada kekuatan beton setelah mengeras (*hardened concrete*). Sebagai contoh dalam eksperimen ini adalah sampel *admixture enzyme* yang diserahkan ke Laboratorium Teknik Struktur untuk diperiksa efek yang mungkin ditimbulkan pada beton keras. *Admixture enzyme* yang digunakan dalam eksperimen ini tidak diketahui tanggal produksi dan kadarluarsanya. Merk *admixture enzyme* ini tidak dicantumkan karena metode eksperimen ini dapat diaplikasikan kedalam berbagai tipe admixture kimia lain.

2 STUDI PUSTAKA

Pada masa kini semen hidrolis yang umum tersedia di pasaran adalah semen campuran tipe PPC dan PCC, sebagai pengganti semen OPC (Tipe I) yang semakin sedikit ketersediaannya di pasaran umum. Menurut SNI 7064:2014 Semen Portland Komposit [7], PCC adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen Portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen Portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6-35% dari massa semen Portland komposit.

Menurut SNI 0302:2014 Semen Portland Pozolan [8], PPC adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen Portland dengan pozolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen Portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen Portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dengan kadar pozolan 6-40% massa semen Portland pozolan.

Admixture kimia dapat ditambahkan ke campuran beton sebelum atau selama proses pengadukan. Dalam hal ini harus diikuti petunjuk dari katalog, brosur atau manual pabrik pembuatnya. Tujuan dari penggunaan admixture antara lain untuk: meningkatkan kelecakan, mencegah segregasi dan

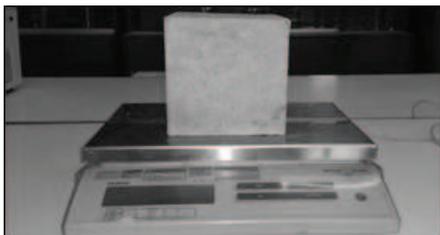
bleeding, mengatur waktu pengikatan, meningkatkan kuat tekan, membuat beton lebih tahan serangan kimia. Pada Tabel 1 ditunjukkan manfaat dari berbagai tipe admixture.

Tabel 1 Manfaat Berbagai Tipe Admixture [4]

Concrete Property	Tipe Admixture	Admixture category
Workability	Water reducers Air-entraining agents Inert mineral powder Pozzolans Polymer latexes	Chemical Air-entraining Mineral Mineral miscellaneous
Set control	Set accelerators Set retarders	Chemical Chemical
Strength	Pozzolans Polymer latexes	Mineral Miscellaneous
Durability	Air-entraining agents Pozzolans Water reducers Corrosion inhibitors Shrinkage reducer	Air entraining Mineral Chemical Miscellaneous Miscellaneous
Special concrete	Polymer latexes Silica fume Expansive admixture Color pigments Gas-forming admixture Miscellaneous Mineral	Miscellaneous Miscellaneous Miscellaneous

Admixture enzyme adalah suatu admixture yang belum lama muncul di laman internet. Menurut informasi terbatas yang diberikan, *admixture enzyme* tersebut adalah produk bioteknologi yang dibuat dari bahan organik protein terdenaturasi, biopolymer surfaktan dan *organo mineral* yang sudah difermentasi oleh mikroba. *Admixture enzyme* diinformasikan sebagai admixture beton yang ramah lingkungan, tidak beracun, tidak berbahaya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Selain itu pada kemasan *admixture enzyme* tercantum "*cement saving 30%*". Penghematan tersebut dicapai untuk dosis *admixture enzyme* 400 cc/m³ beton, dengan kuat tekan rata-rata mencapai 357 kg/cm². Informasi ini menyebabkan *admixture enzyme* tidak termasuk dalam salah satu dari lima golongan admixture dalam ACI 212-3R91[1], karena dalam *miscellaneous admixture* hanya ada 12 macam tipe yaitu: *gas-forming admixture, grouting admixture, expansion-producing admixture, bonding admixture, pumping aids, coloring admixture, flocculating admixture, fungicidal, germicidal and insecticidal admixture, dampproofing admixture, permeability-reducing admixture, chemical admixture to reduce alkali-aggregate expansion, other admixture* termasuk *corrosion-inhibiting admixture*. Dengan demikian, *admixture enzyme* merupakan jenis admixture yang unik karena menawarkan ke-

mampuan dapat menghemat penggunaan semen sampai 30%. Informasi di [9] menayangkan hasil eksperimen untuk kubus beton mutu rencana K-225 dengan metode mix design DoE. Maka, perlu verifikasi ulang pada benda-benda uji kubus beton yang dirancang untuk mutu beton normal K-225 dengan metode mix design DoE yang sama digunakan pada referensi, guna membuktikan informasi yang tertera pada kemasan *admixture enzyme* tersebut, karena semen yang terhidrasi merupakan sumber kekuatan beton sehingga penghematan kadar semen 30% tidak boleh sampai menurunkan kuat tekan beton.



Gambar 1 Pengukuran berat Isi.

2.1 Pengujian Berat Isi

Berat isi beton keras diuji sesuai umur pengujian uji tekan seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Pengujian berat isi digunakan persamaan:

$$\text{Berat isi} = \frac{M}{V} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (1)$$

dengan M adalah berat kubus beton (kg), V adalah volume kubus beton (cm^3).

2.2 Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan tegangan tekan hingga suatu batas tertentu sebelum mengalami keruntuhan. Pengujian benda uji kubus dengan compression testing machine (CTM) ADR 2000 kapasitas 200 ton. Pengujian nilai kuat tekan dilakukan dengan sesuai [3] seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

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

dengan f_c adalah kuat tekan kubus beton uji (MPa), P adalah beban (N) dan A adalah luas penampang kubus beton (mm^2)



Gambar 2 Pengujian kuat tekan.

3 MATERIAL dan METODOLOGI

Metodologi penelitian dititik beratkan pada studi pustaka dan eksperimental, yang diawali studi pustaka untuk memahami efek-efek yang dapat ditimbulkan oleh admixture pada karakteristik beton keras sampai jangka waktu 60 hari setelah dicetak. Umur beton lebih lanjut tidak diperiksa karena pengaruhnya pada kuat tekan sudah tidak signifikan.



Gambar 3 Pengukuran berat jenis PCC.

Studi eksperimental diawali dengan pengukuran berat jenis *admixture enzyme* dan PCC. Alat ukur yang digunakan adalah sepasang piknometer seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan timbangan digital dengan ketelitian pembacaan 0.01 gram.

Tabel 2 Pengujian Berat Jenis PCC

Pengujian nomor	1	2	3
Berat piknometer (gram)	50.53	46.5	46.5
Berat piknometer + PCC (gram)	66.06	70.52	71.28
Berat piknometer + PCC + air (gram)	161.89	162.62	162.73
Berat piknometer + air (gram)	146.52	146.85	146.85
Berat Jenis PCC	2.93	2.911	2.89
Berat Jenis rata-rata PCC	2.92		

Pengukuran berat jenis semen dilakukan minimal 3 kali sedangkan *admixture enzyme* cukup diulang 2 kali. Pemeriksaan berat jenis semen PCC lebih memerlukan ketelitian karena udara dapat terperangkap di antara butiran semen PCC. Hasil berat jenis PCC dan pada Tabel 2 dan hasil berat jenis *admixture enzyme* pada Tabel 3.

Desain proporsi campuran beton K-225 divariasikan untuk kadar *admixture enzyme* 0-0.5% terhadap berat semen dengan variasi setiap 0.1%. Proporsi campuran beton menggunakan metode volume absolut dengan asumsi: deviasi standar (s)= 40 MPa, proportion defectives 5% dan konstanta (k)=1.64; slump 10-12 cm.

Semen PCC, air sumur bor Universitas Katolik Parahyangan agregat kasar split ukuran maksimum 40

mm, agregat halus pasir alam gradasi 2 (sedang) dan *admixture enzyme*. Proporsi campuran beton yang digunakan 30% agregat halus, 40% batu split, 30% pasta semen, kadar udara diabaikan.

Tabel 3 Pengujian Berat Jenis PCC

Pengujian nomor	1	2
Berat piknometer (gram)	46,49	50,53
Berat piknometer + <i>admixture enzyme</i> (gram)	166,97	165,8
Berat piknometer + <i>admixture enzyme</i> + air (gram)	267,36	261,6
Berat piknometer + air (gram)	146,88	146,4
Berat Jenis <i>admixture enzyme</i>	1,2	1,2
Berat Jenis rata-rata <i>admixture enzyme</i>	1,2	

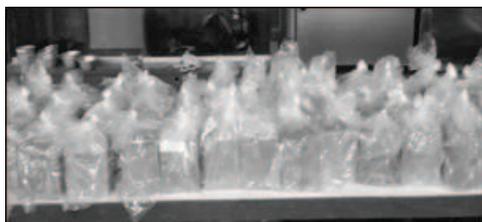
Hasil uji karakteristik agregat halus:

Berat Jenis kondisi SSD	=	2,54
Bulking factor	=	62,48%
kadar lumpur	=	2,74%
kadar air	=	10,70%
absorpsi	=	6,38%
modulus kehalusan	=	2,74
berat isi gembur	=	1,46 gr/cm ³
berat isi padat	=	1,66 gr/cm ³

Hasil uji karakteristik agregat kasar:

Specific gravity kondisi SSD	=	2,54
kadar lumpur	=	2,73%
kadar air	=	2,39%
absorpsi	=	3,44%
modulus kehalusan	=	8,057
berat isi gembur	=	1,45 gr/cm ³

Perawatan kubus-kubus uji tidak dilakukan dengan perendaman, melainkan dengan cara dibungkus dalam kantong-kantong plastik untuk menghalangi penguapan air dari dalam beton (*non-moist curing*). Alasan untuk pemikirannya adalah kondisi perawatan tipe ini lebih mendekati kondisi aktual di lapangan pekerjaan.

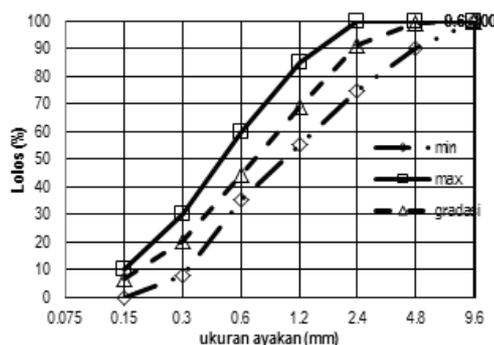


Gambar 4 Non-moist curing.

Sampel total penelitian berjumlah 90 buah kubus, yang terdiri dari masing-masing 15 buah per kadar *admixture enzyme* 0%; 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,4%; dan

0,5%. Umur uji 7, 14, 21, 28 dan 60 hari dengan jumlah kubus uji per kadar maupun per umur uji masing-masing 3 kubus. Pembuatan dan perawatan kubus-kubus uji sesuai SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium [6].

Perawatan mulai dilakukan setelah cetakan dibuka pada umur antara 20-48 jam setelah pencetakan. Perawatan kubus-kubus uji beton dengan metode perawatan kering ini dilakukan sampai tiba hari uji sesuai umur uji yang direncanakan. Perawatan kubus-kubus uji beton dengan metode perawatan kering ini dilakukan sampai tiba hari uji sesuai umur uji yang direncanakan seperti terlihat pada Gambar ??.



Gambar 5 Gradasi agregat halus.

4 ANALISIS DATA UJI

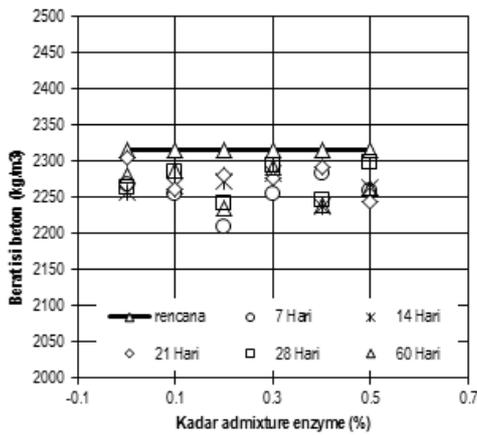
Berat Isi Beton

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara kadar *admixture enzyme* vs berat isi beton untuk semua umur uji. Hasil berat isi rencana ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 6.

Tabel 4 Pengujian Berat Jenis PCC

Kadar (%)	Berat isi Rencana tanpa <i>admixture enzyme</i> (kg/m ³)	Berat isi Rencana dengan <i>admixture enzyme</i> (kg/m ³)
0	2315	-
0,1	-	2315
0,2	-	2316
0,3	-	2316
0,4	-	2316
0,5	-	2317

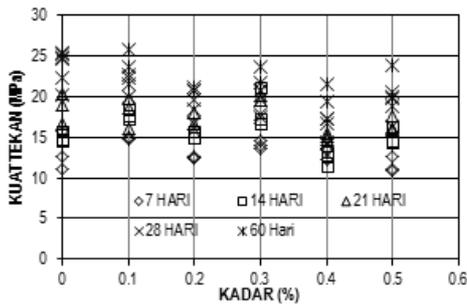
Pada Gambar 6 terlihat berat isi rencana tidak memiliki perbedaan besar dengan berat isi aktual. Berat isi aktual beton dengan dan tanpa tambahan *admixture enzyme* nilainya rata-rata 2209 - 2295 kg/m³. Hal ini disebabkan karena kadar *admixture enzyme* relatif sangat kecil jika dibandingkan dengan kadar PCC, sehingga relatif tidak mempengaruhi berat isi beton. Berat isi beton ≥ 2209 kg/m³ menunjukkan beton yang diteliti termasuk kategori beton berbobot normal.



Gambar 6 Berat Isi Beton Rencana dan Aktual.

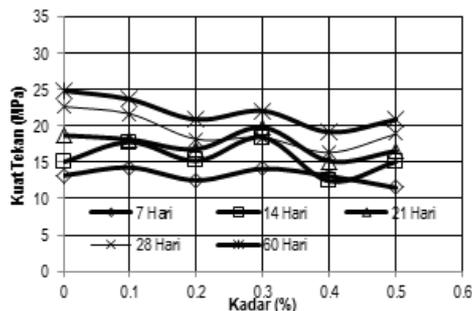
Kuat Tekan Beton

Pada Gambar 7 ditunjukkan bahwa pada umur 7 hari kuat tekan beton maksimum hasil uji tercapai untuk kadar *admixture enzyme* kadar 0.1%, pada umur 14 hari kuat tekan beton maksimum hasil uji tercapai untuk kadar *admixture enzyme* kadar 0,3%, pada umur 21, 28 dan 60 hari kuat tekan beton maksimum hasil uji tercapai untuk kadar *admixture enzyme* kadar 0%.



Gambar 7 Kuat Tekan vs Kadar *admixture enzyme*.

Pada Gambar 8 dilukiskan bahwa pada umur 7 hari beton dengan kadar *admixture enzyme* 0.1% memiliki kuat tekan rata-rata tertinggi yaitu 108% terhadap beton normal. Pada umur 14 hari dan 21 hari beton dengan kadar *admixture enzyme* 0.3% memiliki kuat rata-rata tekan terbesar yaitu sebesar 1,214% dan 1.058% terhadap beton normal akan tetapi setelah umur 28 dan 60 hari beton tanpa *admixture enzyme* memiliki kuat tekan rata-rata terbesar yaitu 22,643 dan 24,843 MPa.



Gambar 8 Kuat Tekan Beton Rata-rata vs Kadar *admixture enzyme*.

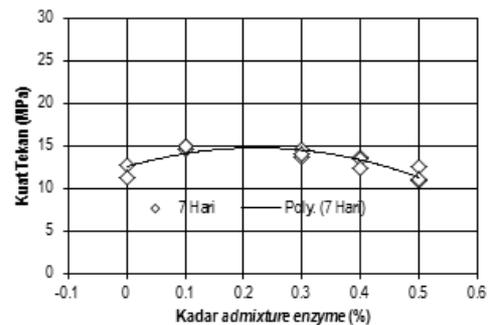
Untuk mengetahui korelasi antara umur perawatan dan kuat tekan beton, maka dibuat suatu kurva regresi. Dari hasil penelitian eksperimen diperoleh dua variabel yaitu kadar *admixture enzyme* dan umur perawatan. Kurva regresi pada penelitian ini menggunakan pendekatan regresi linear dua tingkat karena nilai R^2 pada grafik ini paling besar dibandingkan dengan kurva regresi logaritmik dan polinomial. Hasil persamaan dan nilai R^2 ditunjukkan pada tabel 5 dan kurva regresi ditunjukkan pada Gambar 9.

$$Y = \frac{x}{ax + b} \tag{3}$$

dengan Y = Kuat tekan beton (MPa), x = Umur Perawatan Beton (hari), a = Koefisien Umur, b = Konstanta.

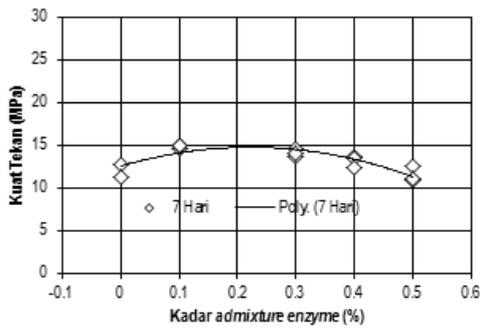
Tabel 5 Persamaan Regresi

Kadar (%)	Persamaan	R^2
0	$Y = 0,03401x + 0,36958$	0,975
0,1	$Y = 0,03848x + 0,25480$	0,975
0,2	$Y = 0,04311x + 0,361050$	0,993
0,3	$Y = 0,04246x + 0,20956$	0,982
0,4	$Y = 0,04762x + 0,35168$	0,955
0,5	$Y = 0,04302x + 0,32632$	0,963



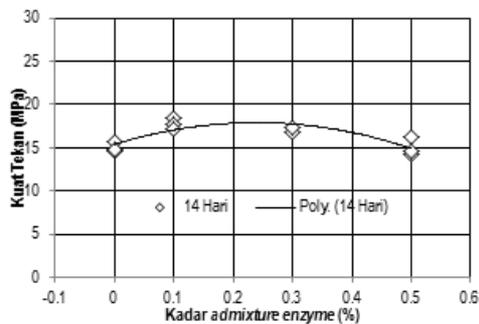
Gambar 9 Kuat Tekan Regresi vs Umur Uji.

Pada Gambar 8 ditunjukkan bahwa kuat tekan regresi memperlihatkan perilaku normal yaitu kekuatan beton umur muda semakin naik seiring dengan umur perawatan. Kenaikan ini semakin lambat seiring dengan peningkatan umur. Pada Gambar 8 terlihat bahwa kuat tekan regresi pada 7 hari, 14 hari dan 21 hari beton dengan *admixture enzyme* memiliki kuat tekan maksimum, pada umur 28 dan 60 hari beton normal memiliki kuat tekan maksimum.



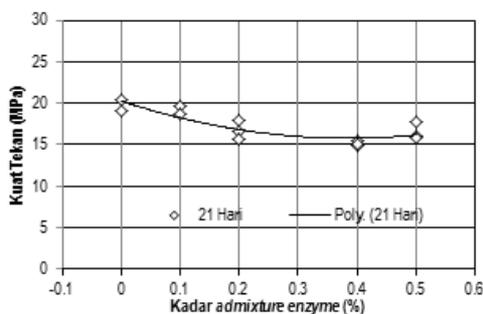
Gambar 10 Kuat Tekan Regresi dan Aktual (7 Hari).

Pada Gambar 10 terlihat bahwa kuat tekan hasil uji dan kurva regresi. umur 7 hari tercapai untuk kadar 0,1 %. Meskipun demikian, kurva regresi beton umur 7 hari secara teoritis menunjukkan bahwa pengaruh *admixture enzyme* mencapai kuat tekan maksimum 14,73 MPa pada dosis 0,22% terhadap berat semen.



Gambar 11 Kuat Tekan Regresi dan Aktual (14 hari).

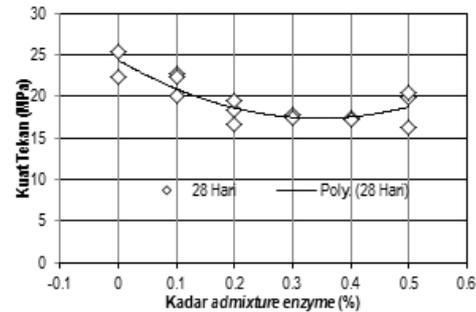
Pada Gambar 11 terlihat bahwa kuat tekan hasil uji dan kurva regresi. umur 14 hari tercapai untuk kadar 0,3 %. Meskipun demikian, kurva regresi beton umur 14 hari secara teoritis menunjukkan bahwa pengaruh *admixture enzyme* mencapai kuat tekan maksimum 17,89 MPa pada dosis 0,23% terhadap berat semen.



Gambar 12 Kuat Tekan Regresi dan Aktual (21 Hari).

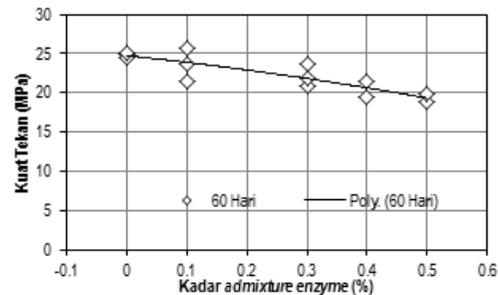
Pada Gambar 13 dilukiskan bahwa kuat tekan hasil uji dan kurva regresi. umur 28 hari tercapai untuk kadar 0%. Meskipun demikian, kurva regresi beton umur 28 hari secara teoritis menunjukkan

bahwa pengaruh *admixture enzyme* mencapai kuat tekan maksimum 17,36 MPa pada dosis 0,346 % terhadap berat semen.



Gambar 13 Kuat Tekan Regresi dan Aktual (28 Hari).

Pada Gambar 14 ditunjukkan bahwa kuat tekan maksimum hasil uji tercapai untuk kadar *admixture enzyme* sebesar 0%. Kurva regresi beton umur 60 Hari secara teoritis menunjukkan penurunan kuat tekan beton.



Gambar 14 Kuat Tekan Regresi dan Aktual (60 Hari).

5 KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis efek berbagai kadar *admixture enzyme* yang tidak diketahui tanggal produksi dan tanggal kadaluarsanya, pada 90 buah kubus beton hasil pengujian kuat tekan kubus dengan semen PCC merk tiga roda dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Penggunaan *admixture enzyme* untuk umur uji yang sama dapat menghasilkan kuat tekan yang lebih besar atau lebih kecil, akan tetapi kecenderungannya adalah terus menurun seiring dengan peningkatan kadar *admixture enzyme*
2. Pada umur muda kuat tekan beton lebih rendah dari umur tua untuk semua kubus beton sesuai nilai w/c yang diteliti.
3. Hasil regresi data hasil eksperimen menunjukkan secara konsistensi bahwa untuk kadar *admixture enzyme* yang lebih rendah kuat tekan beton lebih tinggi untuk semua umur pengujian.
4. Berat isi dari benda uji yang aktual tidak berbeda jauh dengan berat isi rencana, hal ini membuktikan keakuratan metode volume absolut dalam menentukan desain campuran beton.

5. Dari keenam variasi kadar *admixture enzyme* pada beton umur muda kadar *admixture enzyme* 0,1% memiliki kuat tekan paling tinggi yaitu sebesar 112,3% terhadap kuat tekan beton normal pada umur pengujian yang sama.
6. Dari keenam variasi kadar *admixture enzyme* pada beton umur tua kadar *admixture enzyme* 0% memiliki kuat tekan paling tinggi yaitu sebesar 24,85 MPa.
7. Perbandingan kuat tekan rata-rata antara beton normal dengan semua variasi *admixture enzyme* pada umur muda adalah sebagai berikut kadar 0,1% 1,123; kadar 0,2% 0,949; kadar 0,3% 1,069; kadar 0,4% 0,994; kadar 0,5% 0,873,
8. Perbandingan kuat tekan rata-rata antara beton normal dengan semua variasi *admixture enzyme* pada umur tua adalah sebagai berikut kadar 0,1% 0,951; kadar 0,2% 0,840; kadar 0,3% 0,888; kadar 0,4% 0,771; kadar 0,5% 0,839

REFERENSI

- [1] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Chemical Admixtures for Concrete. ACI212.3R91*, 1991.
- [2] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Standard Practice for Selecting Proportion for Normal, Heavy-weight and Mass Concrete. ACI 211.1*, 1991.
- [3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. *Annual Book of ASTM Standards, Vol 04-02: Concrete and Agregates*, 2015.
- [4] LI, Z. *Advanced Concrete Technology*. Willey, 2011.
- [5] STANDAR NASIONAL INDONESIA. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000.*, 2000.
- [6] STANDAR NASIONAL INDONESIA. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. SNI 2493:2011*, 2011.
- [7] STANDAR NASIONAL INDONESIA. *Semen Portland Komposit. SNI 15-7064:2014.*, 2014.
- [8] STANDAR NASIONAL INDONESIA. *Semen Portland Pozolan. SNI 15-0302:2014.*, 2014.
- [9] ZYMCORE. Zymcore cement saver. diakses pada 3 April 2015. <http://biomudah.com/index.php/berita1>.