

PENGARUH PENGGUNAAN AIR SUHU EKSTREM SEBAGAI BAHAN PEMBENTUK BETON YANG DITAMBAHKAN ADMIXTURES TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Teuku Budi Aulia¹⁾, Zahra Amalia²⁾

^{1,2)}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111
email: aulia@unsyiah.ac.id¹⁾, zahra.amalia@unsyiah.ac.id²⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v10i2.318>

(Received: June 2020 / Revised: August 2020 / Accepted: August 2020)

Abstrak

Perubahan iklim sebagai pemicu pemanasan global merupakan fenomena yang sudah terjadi selama beberapa dasawarsa terakhir. Penggunaan beton sebagai material konstruksi terus meningkat, hampir 60% infrastruktur ketekniksipil di dunia dibangun menggunakan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan air bersuhu ekstrem sebagai bahan campuran beton yang ditambahkan *admixtures*, yaitu *accelerator* (Sika Cim) dan *retarder* (Plastiment RTD-01) terhadap kuat tekan beton untuk menghasilkan beton dengan mutu optimal. Air yang digunakan adalah air panas (100°C), air dingin (10°C), dan air suhu normal (23°C). Persentase *accelerator* dan *retarder* yang dipakai adalah 0%; 0,25%; 0,50% dan 0,75% dari berat semen dengan faktor air semen (FAS) 0,35; 0,40 dan 0,45. Benda uji silinder standar 15/30 cm berjumlah 135 buah dibuat berdasarkan variasi FAS dan persentase *admixtures*, masing-masing perlakuan 5 benda uji pada umur pengujian 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan beton dengan campuran air suhu ekstrem yang ditambahkan *accelerator* dan *retarder* dapat mempengaruhi kuat tekan beton bila dibandingkan dengan beton tanpa menggunakan *admixtures*. Kuat tekan beton untuk campuran air dingin mengalami peningkatan tertinggi pada FAS 0,35; 0,40 dan 0,45 pada penambahan *accelerator* 0,25% sebesar 0,119%; 1,226% dan 2,314% dibandingkan campuran air suhu normal tanpa *accelerator*; sedangkan untuk campuran air panas mengalami peningkatan kuat tekan tertinggi pada FAS 0,35; 0,40 dan 0,45 dengan penambahan *retarder* 0,25% sebesar 10,345%; 16,076% dan 23,471% bila dibandingkan dengan campuran air suhu normal tanpa penambahan *retarder*. Analisis varian menunjukkan bahwa penggunaan air suhu ekstrem dengan penambahan *admixture* mempunyai pengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton pada setiap persentase *admixtures* dengan nilai optimum dicapai pada persentase 0,25%.

Kata kunci: Kuat tekan beton, air suhu ekstrem, *admixtures*, *accelerator*, *retarder*

Abstract

Climate change as a trigger for global warming is a phenomenon that has been occurring in recent decades. The use of concrete as a construction material has been increasing, almost 60% of the world's civil-engineering infrastructures are made of concrete. The aim of this study is to find out the effect of extreme water temperature as mixing water in concrete which is added by admixtures, i.e., *accelerator* (SikaCim) and *retarder* (Plastiment RTD-01) on concrete compressive strength and to obtain its optimum value. Water used was hot water (100°C), cold water (10°C), and normal temperature water (23°C). *Accelerator* and *retarder* used were 0%; 0.25%; 0.50% and 0.75% by cement weight with w/c-ratio 0.35; 0.40; and 0.45. The specimens were a standard 15/30 cylinder totaling 135 specimens based on variation of w/c-ratio and

percentage of admixtures, each variation has 5 specimens and was tested at 28 days. The results showed that extreme water temperature in concrete using accelerator and retarder affected concrete compressive strength compared to normal concrete without admixtures. The highest increase of compressive strength using both cold water and hot water of w/c-ratio 0.35; 0.40; and 0.45 were at 0.25% of admixtures. They were 0.119%; 1.226% and 2.314% for cold water respectively compared to normal mixing water temperature without accelerator, while for hot water were 10.345%; 16.076% and 23.471% respectively compared to normal mixing water temperature without retarder. Variance analysis showed that extreme temperature of concrete mixed water using admixtures has a significant effect of concrete compressive strength at each percentage admixtures with the optimum value reached at 0.25%.

Keywords: *concrete compressive strength, extreme water temperature, admixtures, accelerator, retarder*

1. Latar Belakang

Kuantitas dan kualitas air dalam campuran beton memiliki dampak langsung pada kekuatan dan durabilitas beton. Pada campuran beton, air memiliki peran yang sangat penting dalam proses hidrasi semen untuk menghasilkan *Calcium-Silicate-Hydrate* (C-S-H) yang diperlukan untuk membentuk kekuatan beton. Laju reaksi hidrasi tersebut sangat bergantung pada temperatur, baik temperatur material maupun temperatur lingkungannya. Kondisi cuaca yang tidak dapat dikendalikan menjadi salah satu permasalahan dalam proses pembuatan beton. (Assal dan Abou-Zeid, 2019) menyebutkan bahwa kondisi cuaca baik pada saat temperatur yang rendah maupun pada saat temperatur tinggi dapat mempengaruhi secara langsung perilaku, kinerja dan sifat-sifat beton saat pencampuran, transportasi, pengecoran dan perawatan. (Naganathan dan Mustapha, 2015) melalui penelitiannya menyimpulkan bahwa temperatur air campuran beton 20°C hingga 35°C dapat memberikan hasil yang optimal terhadap kualitas beton.

Air campuran dapat menjadi salah satu material yang dapat mengontrol temperatur beton. Oleh karena itu, pada saat kondisi cuaca yang panas dapat digunakan air campuran yang dingin, sebaliknya pada saat kondisi cuaca yang dingin dapat digunakan air campuran yang panas. Namun, pencampuran beton dengan menggunakan air dingin dan air panas tersebut dapat mempengaruhi waktu pengikatan beton. Hal tersebut dapat diatasi dengan penggunaan *admixtures*. *Accelerator* dan *retarder* adalah dua jenis *admixtures* yang umum digunakan untuk mengatasi dampak negatif sifat beton segar akibat temperatur air campuran yang ekstrim. *Accelerator* dan *retarder* dapat mengontrol waktu pengikatan beton sehingga memperbaiki workabilitasnya. *Accelerator* dapat menjadi alternatif untuk menghindari proses pengikatan dan pengerasan campuran yang lama, sebaliknya *retarder* dapat menjadi alternatif untuk menghindari proses pengikatan dan pengerasan campuran yang cepat.

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait pengaruh temperatur lingkungan dan temperatur air campuran beton tanpa menggunakan *admixtures* (Madi dkk., 2017; Assal dan Abou-Zeid, 2019). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa temperatur air pada campuran beton mempengaruhi kekuatan dan workabilitas beton. Namun, studi mengenai pengaruh *admixtures* yang digunakan dalam campuran beton menggunakan air campuran bertemperatur ekstrim masih perlu dipelajari lebih lanjut.

Studi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan air dengan temperatur ekstrim terhadap kuat tekan beton akibat penambahan *accelerator* dan *retarder* dengan membandingkannya terhadap beton yang menggunakan air dengan temperatur normal tanpa penambahan *accelerator* dan *retarder* untuk memperoleh beton dengan mutu optimal.

2. Metode Penelitian

2.1 Parameter pengujian

Pada studi ini temperatur air campuran beton ekstrim didefinisikan dengan air yang memiliki temperatur 10°C dan 100°C. Selanjutnya, temperatur air campuran beton 10°C dan 100°C disebut temperatur air campuran beton menggunakan air dingin dan air panas secara berurutan. Perbedaan temperatur air campuran beton merupakan parameter pengujian yang utama. Disamping itu, persentase *admixture*s dan penggunaan faktor air semen (FAS) divariasikan untuk dilihat pengaruhnya sehingga dapat diperoleh nilai FAS dan persentase *admixture* yang optimum. Tabel 1 menunjukkan jumlah benda uji dan variasi parameter pengujian. Pada studi ini, variasi persentase *admixture*s mengacu pada data teknis produk dari PT. Sika Indonesia yang mensyaratkan jumlah persentase maksimum *admixture*s adalah 1% dari berat semen, sehingga persentase *admixture*s yang diteliti adalah 0%, 0,25%, 0,50% dan 0,75% dari berat semen.

*Admixture*s yang digunakan dalam penelitian ini adalah *accelerator* dan *retarder*. *Accelerator* digunakan pada campuran beton menggunakan air dingin dan *retarder* digunakan pada campuran beton menggunakan air panas.

Tabel 1 Parameter pengujian

Temperatur air	Jenis <i>Admixture</i> s	Persentase <i>admixture</i> s (dari berat semen)	Jumlah benda uji untuk tiap nilai FAS (buah)		
			0,35	0,40	0,45
10 ⁰ C (Air dingin)	<i>Accelerator</i>	0	5	5	5
		0,25	5	5	5
		0,5	5	5	5
		0,75	5	5	5
100 ⁰ C (Air panas)	<i>Retarder</i>	0	5	5	5
		0,25	5	5	5
		0,5	5	5	5
		0,75	5	5	5
Air temperatur normal	-	-	5	5	5
Total benda uji			135		

2.2 Benda Uji dan Material

Pada studi eksperimental digunakan benda uji silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Hal ini sesuai dengan standar ukuran benda uji untuk pengujian kuat tekan beton menurut (SNI 1974, 2011). Semen Portland digunakan untuk membuat beton dengan ukuran agregat maksimum 25,4 mm. Perencanaan campuran beton dihitung berdasarkan metode (ACI Committee 211, 2009) untuk beton normal dengan gradasi butiran agregat campuran berpedoman pada (SNI, 2013). Perencanaan

campuran beton didasarkan pada *slump* rencana yaitu diantara 75 mm hingga 100 mm.

Sifat-sifat fisis material diuji dengan standar ASTM seperti berat jenis dan absorpsi (ASTM, 1997), berat volume (ASTM C127, 2004), analisa saringan (American Society for Testing and Materials, 2014) dan kandungan bahan organik (sifat kimia) pasir halus (ASTM International, 2004) sebelum dilakukan perhitungan perencanaan campuran beton. Proporsi campuran beton disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Proporsi campuran beton

FAS	Unit (kg/m ³)			
	Air	Semen	Agregat Kasar	Pasir Halus
0,35	192,62	550,33	819,01	819,01
0,40	192,62	481,54	853,40	853,40
0,45	192,62	428,04	880,15	880,15

Es digunakan untuk mendinginkan air campuran beton hingga diperoleh air dengan temperatur 10°C. Selanjutnya untuk air campuran beton dengan temperatur 100 C diperoleh dengan memanaskan air menggunakan kompos gas elpiji. Nilai *slump* diukur menggunakan kerucut Abrams saat proses pengecoran. Benda uji dibuka dari cetakan setelah 24 jam dan dilakukan perawatan sesuai standar (ASTM, 2008). Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam beton dalam air. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji dirawat selama 28 hari.

Admixtures yang digunakan yaitu *accelerator* jenis *Sikacim Accelerator*, sedangkan untuk *retarder* digunakan jenis *RTD-01* berbahan dasar *Polyhydroxy Carbon Salts* yang keduanya diperoleh dari PT. Sika Indonesia. Tabel 3 menunjukkan karakteristik dari *admixtures* yang dipakai.

Tabel 3 Karakteristik *admixtures*

<i>Admixtures</i>	Parameter karakteristik		
	Bentuk	Warna	Berat jenis
<i>Sikacim Accelerator</i>	Cairan	Tidak berwarna	1,28 kg/ltr
<i>RTD-01</i>	Cairan	Hitam pekat	1,17 – 1,19 kg/ltr

Sumber: (PT. Sika Indonesia, 2007)

2.3 Pengujian Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui standar pengujian sesuai (ASTM, 2008). Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f'_c) yang dicapai benda uji pada umur 28 hari. Menurut (Amri, 2005) kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1):

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

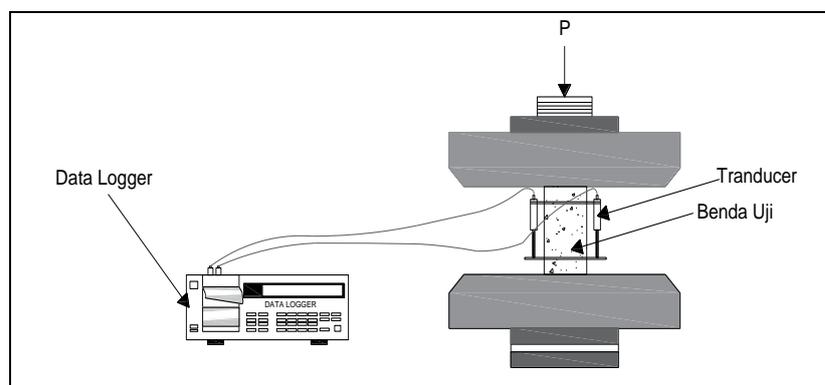
di mana f'_c adalah kuat tekan silinder beton (kg/cm²), P dan A adalah beban tekan maksimum/hancur (kg) dan luas penampang benda uji (cm²) secara berurutan.

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil (Mulyono, 2003).

Saat pengujian kuat tekan beton, perpendekan benda uji diukur menggunakan transduser yang dipasang pada *frame gage* seperti yang terlihat pada Gambar 1. Besarnya regangan yang terjadi menurut (Gere dan Timoshenko, 1997) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2):

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2)$$

di mana ε merupakan regangan, ΔL dan L adalah besarnya perpendekan yang terjadi (cm) dan panjang pengamatan mula-mula (cm).



Gambar 1 *Set-up* pengujian kuat tekan beton

3. Hasil dan Pembahasan

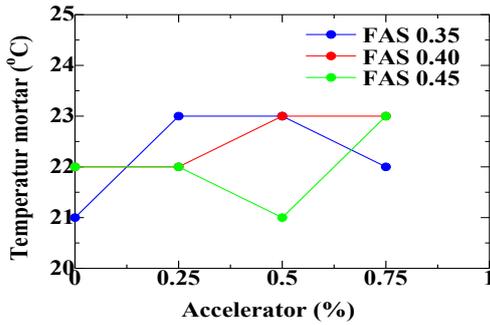
Pengolahan data hasil penelitian dilakukan secara statistik. Koefisien ragam sampel (*covarian*) digunakan untuk mengetahui klasifikasi penyebaran data hasil pengujian. Pengaruh yang nyata dari perbedaan FAS dengan variasi persentase *admixtures* (*accelerator* dan *retarder*) terhadap kuat tekan beton dilakukan dengan analisa varian. Selanjutnya, analisis regresi digunakan untuk mengetahui bentuk hubungan FAS dengan variasi persentase *admixtures* (*accelerator* dan *retarder*) terhadap kuat tekan beton. Analisis varian untuk pengujian nyata regresi digunakan untuk mengetahui model regresi yang diperoleh.

3.1 Waktu Pengikatan dan Workabilitas Beton

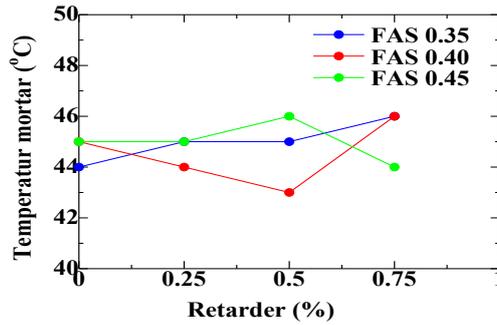
Temperatur mortar beton normal tanpa penambahan *admixtures* adalah 28°C. Pada campuran beton dengan air dingin dan air panas, temperatur mortar relatif sama untuk setiap FAS yaitu 22°C dan 45°C secara berurutan. Perubahan temperatur ini disebabkan karena air bertemperatur ekstrim telah bercampur dengan material lainnya yang bertemperatur berbeda dengan air pencampur. Perubahan temperatur mortar pada persentase *admixtures* yang berbeda untuk campuran beton dengan air dingin dan air panas, secara berurutan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan hubungan nilai *slump* terhadap waktu untuk FAS 0,45. Perbedaan nilai *slump* beton segar terhadap waktu dapat terlihat

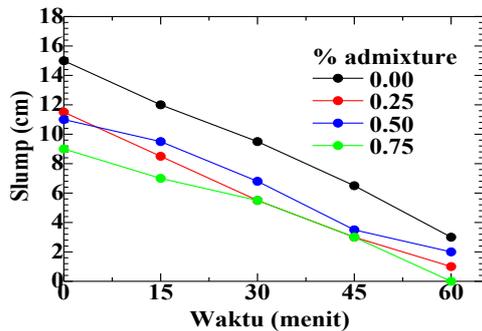
antara campuran beton menggunakan air dingin dan air panas. Penurunan nilai *slump* pada menit awal cenderung lambat pada beton dengan campuran air dingin dengan tambahan *accelerator*. Perilaku yang sebaliknya terlihat pada campuran beton dengan air panas yang ditambahkan *retarder*, dimana terjadi penurunan secara cepat nilai *slump* di menit awal. Perilaku yang relatif sama terlihat pada FAS 0,40 dan FAS 0,35 yang disajikan pada Gambar 6 hingga Gambar 9. Hasil yang diperoleh pada studi ini sejalan dengan hasil pada penelitian oleh (Renjuraj dkk., 2016).



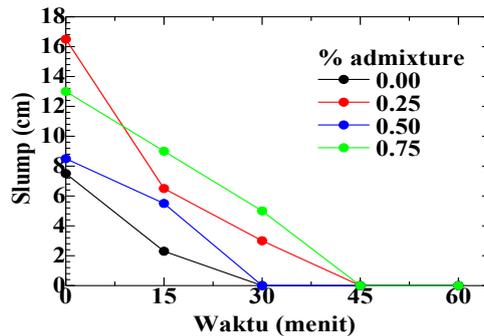
Gambar 2 Hubungan temperatur mortar dengan persentase *accelerator* campuran air dingin



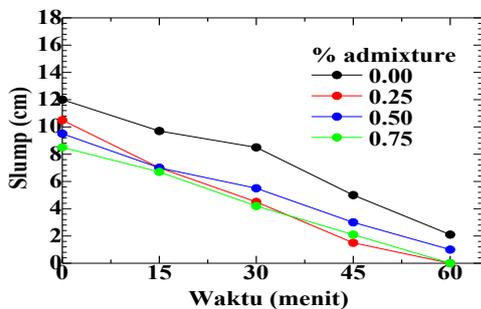
Gambar 3 Hubungan temperatur mortar dengan persentase *retarder* campuran air panas



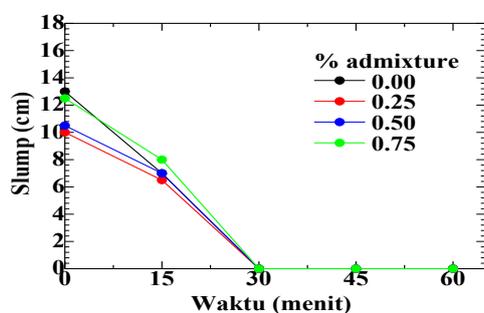
Gambar 4 Hubungan nilai *slump* dengan waktu pada campuran air dingin FAS 0,45



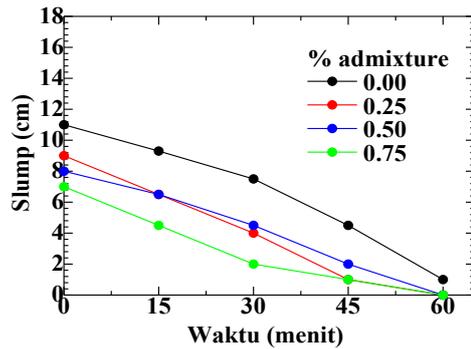
Gambar 5 Hubungan nilai *slump* dengan waktu pada campuran air panas FAS 0,45



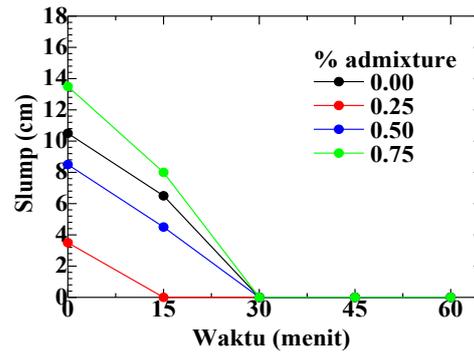
Gambar 6 Hubungan nilai *slump* dengan waktu pada campuran air dingin FAS 0,40



Gambar 7 Hubungan nilai *slump* dengan waktu pada campuran air panas FAS 0,40



Gambar 8 Hubungan nilai *slump* dengan waktu pada campuran air dingin FAS 0,35



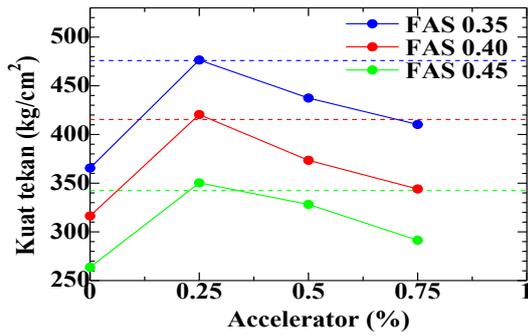
Gambar 9 Hubungan nilai *slump* dengan waktu pada campuran air panas FAS 0,35

Penggunaan air campuran beton bertemperatur ekstrim mempengaruhi secara signifikan waktu pengikatan semen dan workabilitasnya. (Bella, Bella dan Asroun, 2017) menyebutkan bahwa hilangnya workabilitas beton dapat terjadi karena adanya aksi ganda yaitu penguapan air dan temperatur tinggi hidrasi. Melalui pemeriksaan nilai *slump*, workabilitas beton yang menggunakan *accelerator* pada campuran air dingin dapat menurun. Berdasarkan (Hewlett, 2003), kandungan kalsium klorida (CaCl_2) pada bahan dasar *accelerator* sangat mudah bereaksi pada suhu rendah. Reaksi kimia antara C_3A dan CaCl_2 membentuk kalsium hidroalumina, bahan yang memberikan efek yang sangat kecil selama waktu hidrasi awal pasta semen sehingga reaksi pengerasan dapat berlangsung lebih cepat.

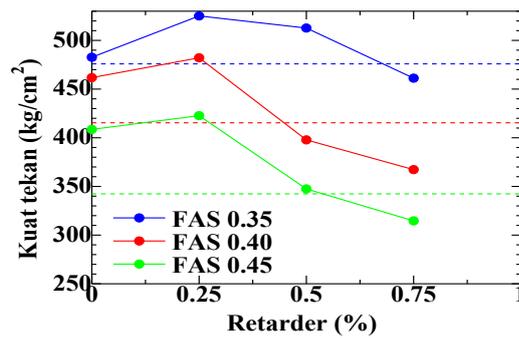
Sebaliknya, (Hewlett, 2003) menyebutkan bahwa *retarder* berbahan dasar posfat atau hidroksilat polimer tertentu sebagian besar mengandung garam kompleks. *Trisodium orthophosphate* ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) adalah zat yang paling sering digunakan. Bahan ini dapat menghambat hidrasi sehingga memperlambat waktu pengikatan semen. Pada beton dengan campuran air panas menggunakan *retarder* dapat meningkatkan *workability*. Hal ini ditunjukkan dengan lamanya waktu pengikatan beton.

3.2 Pengaruh Temperatur Air Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan air campuran beton dingin dan air campuran beton panas dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11. Garis putus-putus biru, merah dan hijau menunjukkan kuat tekan beton normal tanpa *admixture* untuk FAS 0,35; 0,40 dan 0,45 secara berurutan. Kuat tekan beton rata-rata yang tertinggi pada campuran air dingin yang ditambah *accelerator* terjadi pada FAS 0,35 dan 0,25% *accelerator* yaitu $476,475 \text{ kg/cm}^2$; sedangkan besarnya kuat tekan beton rata-rata yang terendah terjadi pada FAS 0,45 dan 0% *accelerator* yaitu $263,702 \text{ kg/cm}^2$. Besarnya kuat tekan beton rata-rata yang tertinggi untuk campuran air panas yang ditambah *retarder* terjadi pada FAS 0,35 dengan 0,25% *retarder* yaitu $525,141 \text{ kg/cm}^2$; sedangkan besarnya kuat tekan beton rata-rata yang terendah terjadi pada FAS 0,45 dengan 0,75% *retarder* yaitu $314,632 \text{ kg/cm}^2$. Pada beton normal besarnya kuat tekan beton rata-rata yang tertinggi terjadi pada FAS 0,35 yaitu $475,909 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan besarnya kuat tekan beton rata-rata yang terendah terjadi pada FAS 0,45 yaitu $342,360 \text{ kg/cm}^2$.

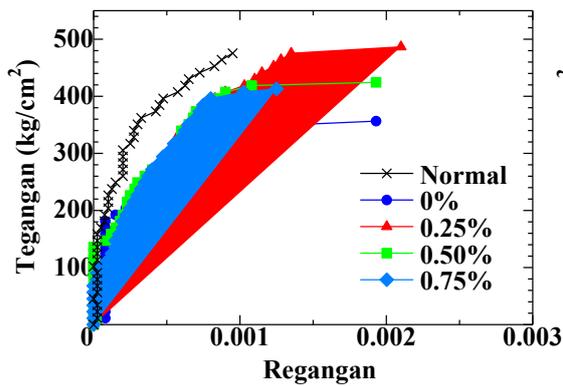


Gambar 10 Hubungan kuat tekan beton dengan persentase admixture pada campuran air dingin

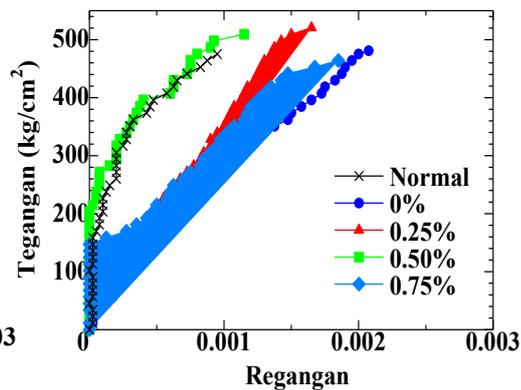


Gambar 11 Hubungan kuat tekan beton dengan persentase admixture pada campuran air panas

Hubungan tegangan dan regangan beton air campuran menggunakan air dingin dan air panas diberikan pada Gambar 12 dan Gambar 13 secara berurutan dengan variasi persentase admixtures untuk FAS 0,35. Grafik menunjukkan bahwa penggunaan air campuran beton bertemperatur ekstrim dapat menurunkan kuat tekan beton. Namun dengan tambahan admixtures sebesar 0,25% dari berat semen, kuat tekan beton dapat meningkat jika dibandingkan dengan beton menggunakan air campuran dengan temperatur normal.



Gambar 12 Hubungan tegangan dengan regangan pada campuran air dingin

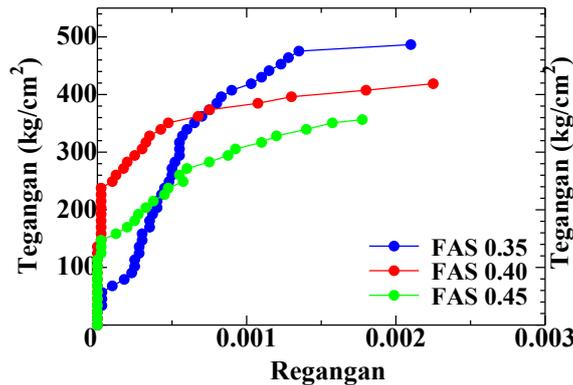


Gambar 13 Hubungan tegangan dengan regangan pada campuran air panas

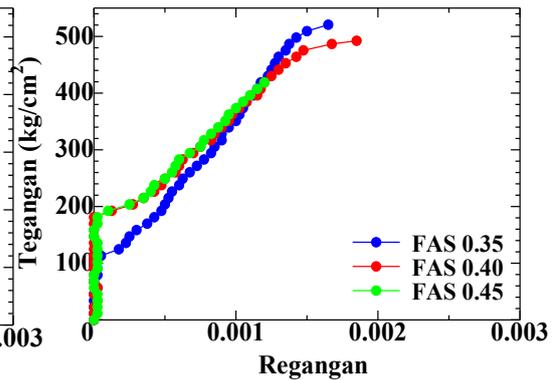
Hubungan tegangan dan regangan beton air campuran menggunakan air dingin dan air panas pada FAS yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15 secara berurutan dengan persentase admixtures 0,25%. Ketiga grafik memiliki kecenderungan yang relatif sama untuk tiap beton dengan campuran air dingin dan air panas. Beton dengan air campuran bertemperatur dingin memiliki grafik yang lebih landai dengan regangan yang lebih besar, hal ini menunjukkan sifat beton yang lebih daktil.

Grafik pada Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan bahwa temperatur air campuran beton dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Tanpa adanya tambahan admixtures, kuat tekan beton mengalami penurunan jika menggunakan air campuran beton bertemperatur rendah, namun meningkat pada air campuran beton bertemperatur tinggi. Salah satu penyebabnya adalah karena perbedaan laju

hidrasi pada beton. Proses hidrasi semen sangat bergantung pada temperatur air dan lingkungan. Temperatur yang meningkat dapat menyebabkan proses pengerasan beton yang cepat jika dibandingkan dengan campuran beton menggunakan air bertemperatur normal. Hal ini disebutkan dalam penelitian yang dilakukan oleh (Renjuraj dkk., 2016; Bella, Bella dan Asroun, 2017) bahwa kekuatan yang lebih tinggi dapat terjadi pada beton dengan air campuran bertemperatur tinggi pada umur awalnya dan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya umur.



Gambar 14 Hubungan tegangan dengan regangan pada campuran air dingin 0,25% *accelerator*



Gambar 15 Hubungan tegangan dengan regangan pada campuran air panas 0,25% *retarder*

3.3 Pengaruh Variasi Persentase *Admixtures* dan FAS Pada Beton dengan Campuran Air Temperatur Ekstrim Terhadap Kuat Tekannya

Berdasarkan grafik pada Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan bahwa penggunaan *admixtures* pada beton yang menggunakan air campuran bertemperatur ekstrim memiliki nilai optimum pada persentase 0,25%. Nilai ini ditunjukkan pada kedua perlakuan beton (campuran air dingin dan air panas) yang ditambahkan *accelerator* dan *retarder* secara berurutan. Penurunan kuat tekan beton terjadi seiring dengan bertambahnya persentase *admixtures*. Tabel 4 dan Tabel 5 memberikan informasi hasil analisis varian untuk variasi persentase *admixtures* dan FAS pada campuran air bertemperatur ekstrim. Hasil perhitungan analisis varian menunjukkan bahwa F_0 hitung lebih besar dari F_0 tabel, hal ini membuktikan bahwa FAS dan penggunaan *admixtures* pada campuran air bertemperatur ekstrim sebagai bahan pembentuk beton memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekannya.

Hubungan antara persentase *admixtures* dan FAS terhadap kuat tekan beton yang menggunakan air bertemperatur ekstrim dilakukan dengan analisis regresi. Nilai koefisien determinan tertinggi menggunakan regresi polinomial berderajat dua (2) diperoleh sebesar 0,910 untuk beton yang menggunakan air dingin dan 0,925 untuk beton yang menggunakan air panas.

Tabel 4 analisis varian pengaruh penggunaan air dingin terhadap kuat tekan beton yang ditambahkan *accelerator*

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat kebebasan	Rata-rata kuadrat	F ₀ Hitung	F ₀ Tabel
Admixtures	83101.583	3	27700.528	391.713	2.808
FAS	130063.643	2	65031.822	919.615	3.198
Interaksi	1431.406	6	238.568	3.374	2.344
Error	3394.385	48	70.716		
Total	217991.017	59			

Tabel 5 Analisis varian pengaruh penggunaan air panas terhadap kuat tekan beton yang ditambahkan *retarder*

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat kebebasan	Rata-rata kuadrat	F ₀ Hitung	F ₀ Tabel
Admixtures	76725.237	3	25575.079	519.453	2.808
FAS	149739.067	2	74869.533	1520.669	3.198
Interaksi	18169.832	6	3028.305	61.508	2.344
Error	2363.260	48	49.235		
Total	246997.396	59			

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa air temperatur ekstrim yang ditambahkan *accelerator* dan *retarder* sebagai bahan pembentuk beton berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan beton apabila dibandingkan dengan kuat tekan beton menggunakan air temperatur normal tanpa penambahan *accelerator* dan *retarder*. Nilai optimum dalam penggunaan *accelerator* dan *retarder* yang dapat meningkatkan kuat tekan beton diperoleh pada persentase 0,25% dari berat semen untuk masing-masing FAS 0,35; 0,40; dan 0,45. Workabilitas beton yang menggunakan air bertemperatur ekstrim dipengaruhi oleh penambahan *accelerator* dan *retarder*.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menambah variasi umur beton agar diketahui pengaruh penggunaan air bertemperatur ekstrim seiring dengan bertambahnya umur beton. Selain itu disarankan untuk menambah jumlah variasi temperatur air campuran agar dapat menghasilkan kesimpulan yang lebih detail dan akurat.

Daftar Kepustakaan

- ACI Committee 211, 2009. 211.1-91 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete, Concrete.
- American Society for Testing and Materials, 2014. 'ASTM C136 / C136M - 14 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates', ASTM International. doi: 10.1520/C0136.

- Amri, S., 2005. *Teknologi Beton A - Z*. Jakarta: Yayasan John Hi-Tech IDETAMA.
- Assal, M. dan Abou-Zeid, M. N., 2019. 'The effect of mixing water temperature on concrete properties in hot weather conditions', in 7th International Materials Specialty Conference 2018, Held as Part of the Canadian Society for Civil Engineering Annual Conference 2018.
- ASTM, 1997. 'ASTM C 128: Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate', Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM, 2008. 'ASTM C39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens 1', ASTM International.
- ASTM C127, 2004. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM International, 2004. 'ASTM C40. Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete', United States : American Standard Testing and Material.
- Bella, N., Bella, I. A. dan Asroun, A., 2017. 'A review of hot climate concreting, and the appropriate procedures for ordinary jobsites in developing countries', MATEC Web of Conferences, 120, pp. 1–10. doi: 10.1051/mateconf/201712002024.
- Gere, J. M. dan Timoshenko, S., 1997. *Mechanic of Material*. PWS Publishing Company.
- Hewlett, P. C., (2003) *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, Lea's Chemistry of Cement and Concrete. doi: 10.1016/B978-0-7506-6256-7.X5007-3.
- Madi, M. dkk., 2017 'The impact of mixing water temperature on portland cement concrete quality', in 6th International Conference on Engineering Mechanics and Materials 2017.
- Mulyono, T., 2003. *Teknologi Beton*, Penerbit Andi. doi: 10.1038/cddis.2011.1.
- Naganathan, S. dan Mustapha, K. N., 2015. 'Effect of water temperature on concrete properties', *Jordan Journal of Civil Engineering*. doi: 10.14525/jjce.9.3.3072.
- PT. Sika Indonesia, 2007. 'Brosur Sika'. Jakarta.
- Renjuraj, R. dkk. 2016 'Effect on Workability and Strength of Concrete due to Variation in Mixing Water Temperature', 7(4), pp. 185–188.
- SNI 1974, 2011. 'Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder', Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI, 2847:2013, 2013. 'Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung', Bandung: Badan Standardisasi Indonesia.