



**PENGARUH PENGGUNAAN SEMEN PCC (*PORTLAND COMPOSITE CEMENT*)
PADA FAS 0,4 TERHADAP LAJU PENINGKATAN MUTU BETON**

Annur Mustaqim

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima April 2014

Disetujui Mei 2014

Dipublikasikan Juni 2014

Keywords:

*Age Concrete ; PCC Cement
;Concrete Compressive Strength ; Modulus of Elasticity ; Water Uptake.*

Abstrak

Penelitian ini dilakukan uji kuat tekan beton, modulus elastisitas, dan serapan air beton. Benda uji kuat tekan dan modulus elastisitas beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Sedangkan benda uji untuk pengujian serapan air berbentuk kubus dengan panjang sisi 150 mm. Kuat tekan beton diuji pada umur 3, 7, 14, 28, 60, dan 90 hari. Sedangkan pengujian modulus elastisitas dan serapan air beton diuji pada umur 28, 60, dan 90 hari. Hasil uji kuat tekan pada umur 3, 7, 14, 28, 60, dan 90 hari yaitu 12,64 Mpa, 20,72 Mpa, 27,52 Mpa, 31,87 Mpa, 35,45 Mpa, dan 38,28 Mpa. Laju kenaikan kuat tekan beton didapat prosentase pada umur tersebut sebesar 39,68%, 65,01%, 86,36%, 100%, 111,24%, dan 120,12%. Prosentase serapan air pada beton semakin berkurang seiring bertambahnya umur beton yaitu pada umur 28, 60, dan 90 hari sebesar 3,807%, 2,341%, dan 1,852%. Nilai modulus elastisitas beton pada umur 28, 60 dan 90 hari yaitu 20.150 Mpa, 22.736 Mpa, dan 24.886 Mpa. Pada tegangan maksimum, regangan beton diperoleh rata-rata 0,00257. Hasil modulus elastisitas pada penelitian ini didapatkan $E = 4210\sqrt{fc'}$.

Abstract

Test specimen compressive strength and modulus of elasticity is a cylindrical with a diameter of 150 mm and height 300 mm. While the water absorption test specimen used cube with side length of 150 mm. The compressive strength of concrete tested at the age of 3, 7, 14, 28, 60, and 90 days. While testing the modulus of elasticity and water absorption of concrete tested at 28, 60, and 90 days. The test results of compressive strength tested at age of 3, 7, 14, 28, 60, and 90 days are 12,64 Mpa, 20,72 Mpa, 27,52 Mpa, 31,87 Mpa, 35,45 Mpa, dan 38,28 Mpa. The rate of compressive strength concrete get percentage at ages are 39,68%, 65,01%, 86,36%, 100%, 111,24%, dan 120,12%. The water absorption test on the concrete decreased percentage at 28, 60, and 90 days are 3,807%, 2,341%, dan 1,852%. The modulus of elasticity at age 28, 60, and 90 days are 20.150 Mpa, 22.736 Mpa, dan 24.886 Mpa. At maximum voltage, the concrete strain obtained an average of 0.00257. The results of the study indicated the modulus of elasticity $E = 4210\sqrt{fc'}$.

© 2014 Universitas Negeri Semarang

Alamat korespondensi:

Gedung E3 Lantai 2 FT Unnes

Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229

E-mail: annur.anmustaqim@gmail.com

ISSN 2252-682X

PENDAHULUAN

Pembangunan dalam bidang konstruksi dari tahun ke tahun semakin berkembang baik dari segi desain maupun metode-metode konstruksi yang dilakukan. Permintaan konsumen akan bangunan infrastruktur pun mulai meningkat seiring dengan kebutuhan manusia yang semakin beragam.

Beton merupakan salah satu komponen bangunan yang banyak digunakan sebagai bahan konstruksi karena merupakan material yang cukup ekonomis dan biaya pembuatannya relatif murah. Beton normal diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, dan agregat, adapun untuk jenis beton khusus (selain beton normal) ditambahkan bahan tambah, seperti pozolan, bahan kimia pembantu, serat, dan sebagainya. Dalam praktek, nilai fas berkisar antara 0,40 dan 0,60 (Tjokrodimuljo, 2007).

Hery Suroso dan Lashari (2009: 52-53) menyatakan bahwa pada dasarnya semen membutuhkan air sekitar 30% berat semen untuk bereaksi secara sempurna, akan tetapi apabila berat air kurang dari 30% berat semen, reaksi kimia tersebut tidak dapat selesai dengan sempurna dan adukan beton sulit didapatkan. Kurang sempurnanya reaksi maupun kurang padatnya adukan beton mengakibatkan beton berongga sehingga kekuatan beton menjadi berkurang.

Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh fas yang dipakai. Pada penggunaan nilai fas rendah menyebabkan kuat tekan beton semakin rendah, hal ini dikarenakan adukan betonnya terlalu kental sehingga beton sulit dipadatkan, maka hal tersebut mengakibatkan beton menjadi kurang padat atau berongga dan mengakibatkan kuat desak menjadi kecil. Begitu pula pada penggunaan nilai fas yang terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya banyak pori udara sehingga beton menjadi kurang padat. Kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat desak beton setelah mengeras. Dengan demikian ada suatu nilai fas tertentu yang optimum yang menghasilkan kuat tekan maksimum (Tjokrodimuljo, 2007).

Di Indonesia terdapat beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaianya. Pada saat

ini, salah satu jenis semen yang mudah diperoleh di pasaran yaitu semen dengan jenis *Portland Composite Cement* (PCC).

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Menurut PBI 1971, semakin lama umur beton, maka kekuatan yang dimiliki semakin tinggi, perbandingan kekuatan beton pada umur 3, 7, 14, 21, 28, 90 hari dengan penggunaan semen portland biasa berturut-turut adalah 40%, 65%, 88%, 95%, 100%, 120%.

Penelitian meneliti tentang pengaruh pemakaian semen PCC dengan nilai fas 0,4 sebagai kisaran terhadap laju peningkatan mutu beton. Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk dapat mengetahui seberapa besar peningkatan laju kuat tekan beton pada umur 3, 7, 14, 28, 60, dan 90 hari serta besar modulus elastisitas dan uji serapan beton pada umur 28, 60, dan 90 hari dengan pemakaian semen PCC (*Portland Composite Cement*) pada fas 0,4.

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen dilakukan dengan melaksanakan percobaan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNNES untuk mendapatkan suatu hasil yang akan menjelaskan hubungan kausal antara variabel-variabel yang akan diselidiki. Data pada penelitian ini diambil berdasarkan hasil uji coba pada setiap pengujian terhadap benda uji. Faktor utama yang diteliti adalah pengaruh penggunaan semen PCC dengan fas 0,4 terhadap laju peningkatan mutu beton yang ditinjau dari kuat tekan, modulus elastisitas, dan serapan air.

Pada penelitian ini yang dianggap sebagai populasi adalah dari bahan penyusun beton berupa seluruh pasir yang berasal dari Muntilan, seluruh kerikil yang terdapat di daerah Pudak Payung ukuran maksimum 20 mm, seluruh semen jenis PCC hasil fabrikasi PT. Cemindo Gemilang, dan air bersih yang berada di Jurusan Teknik Sipil UNNES. Sedangkan populasi benda uji pada penelitian ini berjumlah 27 buah. Benda uji yang digunakan untuk uji kuat tekan dan modulus elastisitas yaitu silinder dengan ukuran

$\varnothing 15 \times 30$ cm berjumlah 3 buah sampel dari masing-masing waktu pengujian. Benda uji yang digunakan untuk uji serapan air yaitu kubus dengan ukuran 15×15 cm berjumlah 3 buah sampel dari masing-masing waktu pengujian. Waktu pengujian untuk kuat tekan adalah 3, 7, 14, 28, 60, dan 90 hari. Sedangkan waktu pengujian untuk modulus elastisitas dan uji serapan air adalah 28, 60, dan 90 hari. Alat yang digunakan untuk menguji kuat tekan beton yaitu UTM (*Universal Testing Machine*). Sedangkan untuk membaca regangan beton digunakan alat *Dial Gauge*. Sifat fisik pasir dan kerikil tampak pada tabel 1 dan sifat fisik semen tampak pada tabel 2.

Tabel 1. Sifat fisik pasir dan kerikil

Secara garis besar data yang akan diselidiki dalam penelitian ini berupa kuat tekan, modulus elastisitas, dan serapan air, maka pengumpulan data didasarkan dengan hasil yang diperoleh dari pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, dan serapan air di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNNES. Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan dan pencatatan. Pengamatan dilakukan terhadap kegiatan pengujian benda uji yaitu terhadap kuat tekan, modulus elastisitas, dan serapan air. Dari hasil pengamatan tersebut, selanjutnya dicatat dalam lembar *check list* dalam bentuk daftar skor dari data pengujian sebagai dokumen data penelitian. Selanjutnya data tersebut dianalisis secara teoretis untuk mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dengan data yang ada.

Sifat Fisik Agregat	Pasir	Kerikil
Berat Jenis	2,566	2,642
MHB	3,080	6,609
Kadar Lumpur (%)	4	0,75
Keausan agregat (%)	-	24,05

Tabel 2. Sifat fisik semen

Sifat Fisik Semen	Semen PCC
Konsistensi normal	23,33 %
Pengikatan awal	133,75
Pengikatan akhir	240
Berat Jenis	3,053
Kehalusan (lolos ayakan no. 200)	96%

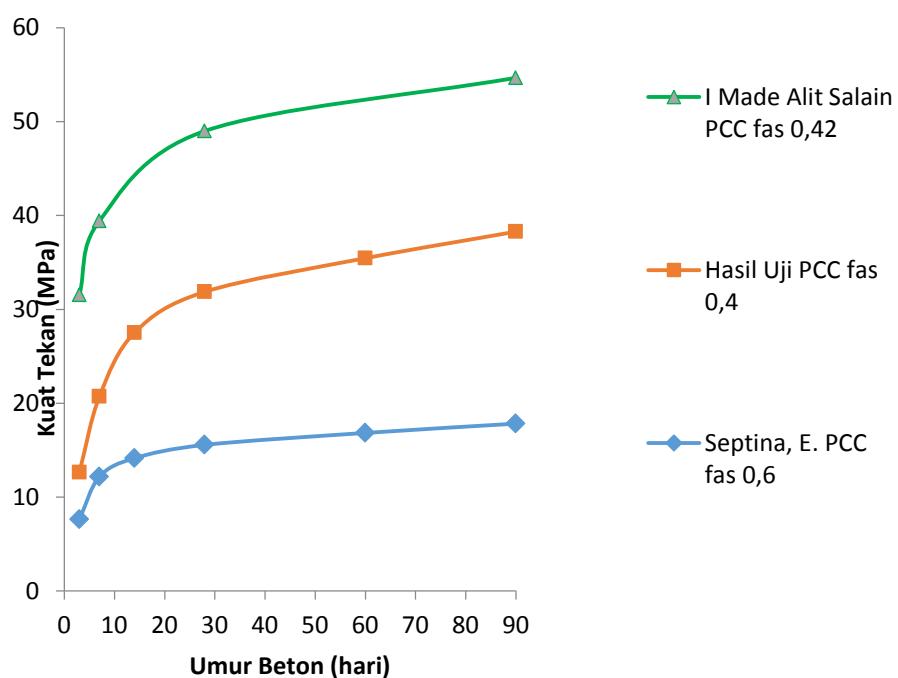
HASIL

1. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur 3, 7, 14, 60, dan 90 hari. Berat semen yang dipakai sebesar 350 kg/m^3 . Pengujian dilakukan untuk mengetahui laju nilai kuat tekan pada setiap umur beton. Kuat tekan beton pada penelitian ini dibuat hubungan analisis regresi dengan hasil uji kuat tekan beton pada penelitian Septina (2014) dan Salain (2009). Hasil pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini tampak pada tabel 3 dan grafik hubungan antara kuat tekan dengan umur beton tampak pada gambar 1.

Tabel 3. Hasil Uji Kut Tekan

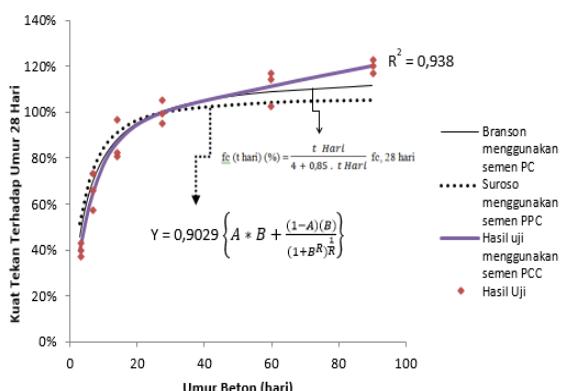
Kode	Umur	Sampel	Kuat tekan (Mpa)	Rata-rata Kuat Tekan
B.2.1	3	a	11,89	
		b	12,46	12,64
		c	13,59	
B.2.2	7	a	23,21	
		b	18,12	20,72
		c	20,82	
B.2.3	14	a	25,85	
		b	30,70	27,52
		c	26,01	
B.2.4	28	a	30,55	
		b	31,68	31,87
		c	33,37	
B.2.5	60	a	32,81	
		b	36,20	35,45
		c	37,33	
B.2.6	90	a	39,03	
		b	37,33	38,28
		c	38,46	

**Gambar1.** Grafik hubungan antara kuat tekan dengan umur beton

1. Laju Kenaikan Kuat Tekan

Prosentase kenaikan kuat tekan beton Branson, dalam BPPU (1994) menggunakan semen PC pada umur 3, 7, 14, 28, 60, dan 90 hari sebesar 45,80 %, 70,35 %, 88,05 %, 101,69, 109,09 %, dan 111,80 %. Penelitian Suroso, H. hasil penelitian Tanpa Pasir Pantai (2001)

menggunakan semen PPC untuk prosentase kuat tekan terhadap umur sebesar 51,46 %, 75,11 %, 100 %, 104,31 %, 105,34 %, 106,52 %. Sedangkan prosentase kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan semen PCC pada umur 3, 7, 14, 28, 60, dan 90 hari sebesar 39,68 %, 65,01 %, 86,36 %, 100 %, 111,24 %, dan 120,12 %. Grafik hubungan antara prosentase kuat tekan dengan umur beton tampak pada gambar 2



Gambar 2. Grafik hubungan antara prosentase kuat tekan dengan umur beton

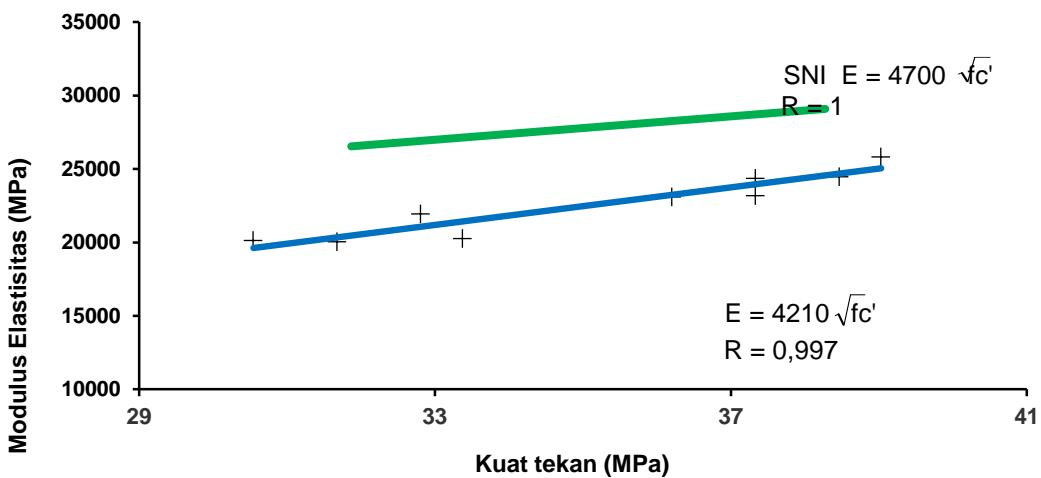
Pengujian modulus elastisitas dilaksanakan pada beton umur 28, 60, dan 90 hari menggunakan semen PCC pada fas 0,4 dengan berat semen 350 kg/m^3 . Hasil pengujian masing-masing benda uji tampak pada tabel 4 dan grafik hubungan antara kuat tekan beton dan modulus elastisitas tampak pada gambar 5.

Tabel 4. Hasil uji serapan air benda uji

Kode	Berat Semen	fc (MPa)	E (MPa)	Rata-rata
B.2.4.a	350	30,545	20141	
B.2.4.b	350	31,677	20055	20150
B.2.4.c	350	33,374	20253	
B.2.5.a	350	32,808	21941	
B.2.5.b	350	36,202	23086	22736
B.2.5.c	350	37,333	23180	
B.2.6.a	350	39,030	25815	
B.2.6.b	350	37,333	24365	24886
B.2.6.c	350	38,465	24478	

Tabel 5. Rekapitulasi hasil pengujian modulus elastisitas

No.	Kode	Bas	Semen (kg/m^3)	Jumlah Pasta (kg/m^3)	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Serapan Air (%)	Rata-rata
1	B.2.4.a	0,4	350	490	8,17	7,85	3,91676867	
2	B.2.4.b	0,4	350	490	8,25	7,95	3,63636364	3,80751327
3	B.2.4.c	0,4	350	490	8,27	7,95	3,8694075	
4	B.2.5.a	0,4	350	490	8,39	8,20	2,26460072	
5	B.2.5.b	0,4	350	490	8,19	7,99	2,44200244	2,34122544
6	B.2.5.c	0,4	350	490	8,20	8,01	2,31707317	
7	B.2.6.a	0,4	350	490	8,57	8,40	1,98366394	
8	B.2.6.b	0,4	350	490	8,44	8,25	2,25118483	1,85232139
9	B.2.6.c	0,4	350	490	8,32	8,21	1,32211538	



Gambar 3. grafik hubungan antara kuat tekan beton dan modulus elastisitas

Serapan Air

Uji serapan air dilaksanakan dengan cara beton kubus dioven pada suhu 110 °C selama 24 jam, kemudian direndam dalam air selama 24 jam. Hal ini didasarkan pada pendapat Neville (1977) yang menyatakan bahwa serapan air akan mencapai angka ekstrim apabila pengeringan dilakukan pada suhu tinggi, karena akan menghilangkan kandungan air dalam beton, adapun pengeringan pada suhu biasa tidak mampu mengeluarkan seluruh kandungan air. Hasil uji serapan air beton menggunakan semen PCC pada fas 0,4 tampak pada tabel.

PEMBAHASAN

2. Kuat Tekan

Gambar 4.5. menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton meningkat sebanding dengan bertambahnya umur beton dari umur 3 sampai 90 hari. Peningkatan kuat tekan terjadi terutama pada umur awal hingga mencapai umur 28 hari. Penelitian Septina (2014) menggunakan fas sebesar 0,6 menunjukkan perkembangan kekuatan beton lebih rendah dibanding dengan penggunaan nilai fas yang lainnya. Nilai fas yang tinggi dapat

menurunkan kuat tekan beton, dengan naiknya faktor air semen berarti terjadi penambahan air pada adukan sehingga ada kelebihan air dalam pasta yang menyebabkan timbulnya pori atau rongga yang dapat memperlemah kekuatan beton. Hal ini dikarenakan semakin banyak kandungan air pada suatu campuran beton maka penguapan air pada campuran tersebut akan semakin besar (Iskandar, 1996).

Penelitian Salain (2009) merancang beton dengan perbandingan berat konstan antara semen : agregat halus : agregat kasar sebesar 1,0 : 1,4 : 2,1 menggunakan nilai fas yang lebih tinggi daripada penelitian ini, terlihat perbedaan nilai kuat tekan yang

signifikan dibanding dengan penelitian ini. Sesuai dengan teori yang dipaparkan Tjokrodimuljo (2007:72) bahwa kuat tekan beton dipengaruhi umur beton, faktor air semen, kepadatan, jumlah pasta semen, jenis semen, dan sifat agregat.

Penelitian ini memakai perbandingan berat antara semen : agregat halus : agregat kasar sebesar 1,00 : 2,17 : 3,26. Berat semen telah ditentukan untuk semua pengujian pada penelitian ini yaitu sebesar 350 kg/m³. Dengan analog perbandingan semen dan pemilihan berat semen sebesar 350 kg/m³ pada penelitian

ini didapat perbandingan antara semen : agregat halus : agregat kasar sebesar 350 kg/m³ : 761,425 kg/m³ : 1142,1938 kg/m³, sedangkan pada Salain (2009) didapat perbandingan 350 kg/m³ : 490 kg/m³ : 735 kg/m³. Tampak pada analog bahwa penggunaan semen pada Salain (2009) lebih besar daripada penelitian ini. Disini terlihat pada fas dan umur beton yang sama, kekuatan tekan beton Salain (2009) jauh lebih tinggi.

Berdasarkan gambar 4.5 untuk penelitian Salain, Septina maupun penelitian ini, ketiganya mengalami kenaikan kuat tekan beton seiring dengan bertambahnya umur beton. Kenaikan kekuatan terlihat signifikan pada umur beton 3 sampai 28 hari. Setelah umur 28 hari, laju kuat tekan beton cenderung lebih stabil.

3. Laju Kenaikan Kuat Tekan

Hubungan antara prosentase kuat tekan dan umur beton mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur. Pada penelitian Branson (1994) menggunakan semen PC dan Suroso H. (2001) menggunakan semen PPC diketahui bahwa laju peningkatan kuat tekan beton setelah berumur 28 hari cenderung stabil dan tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Akan tetapi pada penelitian ini yang menggunakan semen PCC setelah berumur 28 sampai 90 hari masih menunjukkan peningkatan laju kuat tekan beton. Diduga setelah beton berumur 90 hari, laju kuat tekan beton masih mengalami peningkatan berdasarkan grafik hubungan antara prosentase kuat tekan dengan umur beton di atas.

Proses hidrasi semen PPC berjalan perlahan karena menggunakan pozolan, sehingga perkembangan laju kekuatannya juga akan berlangsung dengan lambat. Pozolan adalah bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat (SiO_2) dan atau aluminat (Al_2O_3) yang reaktif (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F). Pozolan (SiO_2) dan (Al_2O_3) bereaksi dengan hasil

sampingan hidrasi semen Ca(OH)_2 yang tidak diinginkan menjadi senyawa yang diinginkan $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$, sehingga mengakibatkan kuat tekan beton lebih tinggi. Namun karena prosesnya menunggu hasil sampingan dari proses hidrasi semen maka memerlukan waktu lebih lama (Tjokrodimuljo, 2007:15).

4. Modulus Elastisitas

Dari berbagai pengujian kuat tekan beton ternyata tegangan maksimum beton dicapai pada saat nilai regangan tekan rata-rata 0,00257 (lampiran 21-29). Menurut SNI 03-2847-2002 regangan tekan maksimum beton sebesar 0,003. Selanjutnya nilai regangan akan menurun seiring dengan bertambahnya nilai regangan sampai benda uji hancur. Dari gambar 4.7 terlihat bahwa modulus elastisitas beton menggunakan semen PCC pada fas 0,4 dengan berat semen 350 kg/m³ didapatkan $E = 4210\sqrt{f_c'}$. Semua hasil tersebut masih di bawah dari nilai modulus elastisitas beton normal yang dipakai dalam SK SNI T-15-1991-03 yaitu sebesar $E = 4700\sqrt{f_c'}$.

5. Serapan air

Hasil serapan air pada beton dengan fas 0,4 pada umur 28 hari sebesar 3,807 %. Nilai serapan air ini memenuhi syarat yang diijinkan dalam SK SNI S- 36-1990-03 dimana nilai serapan air maksimal sebesar 6,5%. Pada umur 60 dan 90 hari didapatkan nilai serapan air sebesar 2,341 % dan 1,852 %. Nilai serapan air pada beton keseluruhan yang didapatkan masih dalam kisaran rata-rata dan tidak terlalu besar dikarenakan nilai fas yang dipakai merupakan batas bawah kisaran yang digunakan dalam praktek sesuai dengan Tjokrodimuljo (2007:73).

Peneliti belum menemukan penelitian yang menunjukkan hubungan antara serapan air dengan umur beton. Berdasarkan hasil uji serapan air pada penelitian ini semakin bertambahnya umur beton maka serapan air semakin kecil. Hal ini dikarenakan proses

hidrasi butir-butir semen pada beton berlangsung lambat. Kristal-kristal dari berbagai senyawa yang dihasilkan membentuk suatu rangkaian tiga-dimensi yang saling melekat secara random dan kemudian sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang mula-mula ditempati air. Oleh karena itu umur beton yang semakin lama, maka semakin menyempurnakan reaksi hidrasi dan kandungan air pada beton pun semakin berkurang.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Laju kenaikan kuat tekan beton dengan pemakaian semen PCC pada fas 0,4 semakin bertambah dan setelah umur 28 sampai 90 hari masih menunjukkan peningkatan laju kuat tekan beton. Prosentase yang didapat pada umur 3, 7, 14, 28, 60, dan 90 hari yaitu 39,68 %, 65,01 %, 86,36 %, 100 %, 111,24 %, dan 120,12 %.

Hasil penelitian ini, prosentase serapan air pada beton semakin berkurang seiring bertambahnya umur beton yaitu pada umur 28, 60, dan 90 hari sebesar 3,807 %, 2,341 %, dan 1,852 %.

Nilai modulus elastisitas beton pada umur 28, 60 dan 90 hari yaitu 20.150 Mpa, 22.736 Mpa, dan 24.886 Mpa. Pada tegangan maksimum, regangan beton diperoleh rata-rata 0,00257. Hasil modulus elastisitas pada penelitian didapatkan $E = 4210\sqrt{fc'}$.

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan pada penelitian ini baik pada pelaksanaan penelitian maupun pada hasil yang diperoleh, maka diberikan saran-saran sebagai berikut:

Perlu adanya peningkatan pengawasan dan pengendalian yang tepat dari keseluruhan prosedur dari pelaksanaan yang didukung oleh koordinasi operasional untuk lebih meningkatkan kualitas mutu beton yang dihasilkan.

Untuk memperluas kajian, perlu adanya penelitian sejenis dengan memvariasikan komposisi campuran, variasi fas, dan memperpanjang waktu hidrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- fif M. 2013. Pengaruh Penambahan Silika Fume dan Superplasticizer dengan Pemakaian Semen Tipe PPC dan Tipe PCC Terhadap Peningkatan Mutu Beton. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Agus. I. 2001. Pengaruh Variasi Faktor Air Semen dan Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton. Fakultas Teknik, Unidayan Baubau.
- Firmansyah D. 2012. Pemanfaatan Sisa Pembakaran Ampas Tebu Sebagai Pengisi dalam Pembuatan Paving dengan Semen Jenis PCC. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- Hariawan J.B. 2007. Pengaruh Perbedaan Karakteristik Type Semen Ordinary Portland Cement (OPC) dan Portland Composite Cement (PCC) Terhadap Kuat Tekan Mortar. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Gunadarma.
- Keunggulan semen Merah Putih [online]. Tersedia di:
<http://www.semenmerahputih.com/produktelayanan/keunggulan-produk/>
- Masyhuri, M. Zainuddin, MA. 2009. Metodologi Penelitian Pendekatan Praktis dan Aplikatif. Bandung: Refika Aditama.
- Mulyono T. 2004. Teknologi Beton. Yogyakarta: Andi.
- Ridlo. M.R. 2011. Kajian Serapan dan Penetrasi Beton Ringan Metakaolin Berserat Aluminium Pasca Bakar. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Sagel, R., Ing P. Kole, Gideon Kusuma, 2001. Pedoman Pengerjaan Beton. Jakarta.
- Salain, I.M.A dan I.B Rai Widiarsa. 2006. Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen pada Beton yang Dibuat dengan Menggunakan Semen Portland-Pozzolan. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Universitas Udayana: Denpasar.
- Salain, I.M.A. 2009. Pengaruh Jenis Semen dan Jenis Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan

- Beton. Teknologi dan Kejuruan Universitas Udayana: Bali.
- Senyawa pembentuk semen [online]. Tersedia di:
<http://www.scribd.com/doc/233482567/17/Senyawa-Pembentuk-Semen>
- Septina, N. 2014. Pengaruh Penggunaan Semen PCC (Portland Composite Cement) pada Fas 0,6 Terhadap Laju Peningkatan Sifat Beton. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang: Semarang
- Sevilla, C.G. dkk. 1993. Pengantar Metode Penelitian. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Suroso H. dan Lashari, 2009. Workshop Teknologi Beton. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Suroso H. 2001. Pemanfaatan Pasir Pantai Sebagai Bahan Agregat Halus pada Beton. Tesis, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
- Tjokrodimuljo, K. 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta: KMTS FT UGM