

## STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGUNAAN SEMEN PCC DAN OPC TIPE I TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Muhammad Idris<sup>1)</sup>, <sup>1</sup>Ashari Ibrahim<sup>2)</sup>

<sup>1),2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

OPC (Ordinary Portland Cement) type I, if the material element of limestone, pozzolan, fly ash and others is not more than 3%. However, if the material content is greater than 3% to 25%, the cement will change to PCC (Portland Composite Cement). PCC cement has reduced clinker content by 75% and is replaced with lime, pozzolanic and fly ash (fly ash) materials. The advantages of Cement PCC are that the production costs are cheaper and are environmentally friendly (use lower energy due to less clinker levels) and use waste from burning coal in the form of fly ash. The cement water factor (FAS) or water cement ratio is the ratio of the amount of water used to the amount of cement used ( $w/c$ ) in a mortar or concrete mixture. FAS is an important indicator in concrete mix design because. The function of FAS, namely: to allow chemical reactions that cause bonding and hardening and provide convenience in working with concrete. This study aims to determine the effect of using PCC and OPC type I cement in a mixture that has FAS variations: 0.40, 0.45, 0.50, 0.55 and 0.60 on the average concrete compressive strength ( $f_{cr}$ ) and the equation of the FAS relationship curve with  $f_{cr}$ . Procedure: test the characteristics of the aggregate, design the concrete mixture based on the FAS value., Make concrete cube specimens of 150 mm x 150 mm x 150 mm, maintenance, test the concrete pressure of 28 days The results showed that the  $f_{cr}$  value using PCC cement: 379.77 kg / cm<sup>2</sup>, 370.32 kg / cm<sup>2</sup>, 276.92 kg / cm<sup>2</sup>, 217.70 kg / cm<sup>2</sup>, and 149.98 kg / cm<sup>2</sup> and type I OPC cement. : 534.59kg / cm<sup>2</sup>, 517.65 kg / cm<sup>2</sup>, 459.39 kg / cm<sup>2</sup>, 281.67kg / cm<sup>2</sup>, and 218.524kg / cm<sup>2</sup>. The percentage of the  $f_{cr}$  value of type I OPC cement was higher than that of PCC cement: 29.0%, 28.5%, 39.7%, 22.7% and 31.4%. The equation of the FAS and  $f_{cr}$  relationship curves using cement PCC:  $y = -1224.4x + 891.14$  and OPC type I:  $y = -1736.2x + 1270.5$ .

Keywords: Compressive strength, PCC, OPC type I, FAS

### 1.PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan bagian utama dalam kelancaran dan perkembangan pembangunan di suatu negara maju maupun negara berkembang. Semakin meningkatnya pembangunan di suatu negara maka penggunaan akan material konstruksi menjadi meningkat. Seiring dengan perkembangan konstruksi beton di Indonesia maka kebutuhan akan material utama pembentuk beton akan semakin meningkat, khususnya adalah semen. Konstruksi beton dapat dijumpai dalam pembuatan gedung-gedung, jalan (Rigid Pavement), jembatan, bendung, saluran, beton pracetak, beton pratekan, panel – panel beton dan lain lain.

Semen adalah perekat hidrolis bahan bangunan, artinya akan terjadi perekat bila bercampur dengan air. Bahan dasar semen pada umumnya ada 3 (tiga) macam yaitu: 1) klinker (70% hingga 95%), merupakan hasil olahan pembakaran batu kapur, pasir silika, pasi besi dan lempung. 2) gypsum (sekitar 5%, sebagai zat untuk memperlambat pengerasan) dan 3) material berupa batu kapur, pozzolan, abu terbang dan lain – lain. Jika unsur material ketiga tersebut tidak lebih dari 3% umumnya masih memenuhi kualitas OPC (Ordinary Portland Cement) tipe I. Namun bila kandungan material ketiga lebih besar 3% hingga 25% maka semen berganti menjadi PCC (Portland Composite Cement). Semen PCC kadar klinkernya dikurangi hingga 75% dan digantikan dengan material kapur, pozzolan dan *fly ash* (abu terbang). Kelebihan Semen PCC, biaya produksi lebih murah dan ramah lingkungan (menghabiskan energi lebih rendah sebab kadar klinkernya lebih sedikit) dan menggunakan limbah hasil pembakaran batu bara berupa abu terbang.

OPC tipe I adalah semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling klinkers dan gypsum. Jenis semen ini digunakan untuk bangunan umum dengan kekuatan tekan yang tinggi (tidak memerlukan persyaratan khusus), seperti: bangunan bertingkat tinggi, perumahan, Jembatan, jalan raya, landasan bandar udara, beton pracetak, bendungan saluran irigasi dan elemen bangunan seperti: genteng, hollow, paving block, dan lain -lain. Penggunaan PCC sangat cocok untuk plesteran, pasangan dinding batu bata dan bangunan yang tidak terlalu tinggi (disarankan tidak melebihi lantai tiga) sedangkan gedung dengan lantai melebihi tiga lantai sebaiknya menggunakan OPC tipe I (SNI No.15-2049-2004).

Faktor Air Semen (FAS) atau *water cement ratio* adalah berbandingan jumlah penggunaan air dengan jumlah penggunaan semen ( $w/c$ ) dalam suatu campuran mortar atau beton (nilai 0,4 sampai 0,6). Semakin tinggi

<sup>1</sup> Korespondensi penulis : Muhammad Idris.Telp.082196581993, muhammad Idris.ab@poliupg.ac.id

nilai fas maka semakin rendah mutu beton yang dihasilkan, akan tetapi nilai fas yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai fas yang sangat rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan (workability rendah), yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. FAS adalah indikator yang penting dalam perancangan campuran beton karena. Fungsi FAS, yaitu: untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton.

Masalah pertama yang ada sehubungan dengan kedua jenis semen PCC dan OPC tipe I adalah: dalam perancangan campuran beton (mix design beton), kedua jenis semen ini menggunakan grafik yang sama dalam penentuan berat semen setiap  $1\text{m}^3$ . Hal ini disebabkan hingga saat ini belum ada grafik hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton untuk semen PCC (grafik yang ada OPC tipe I). Masalah kedua adalah grafik yang digunakan hingga saat ini dalam perancangan campuran beton menggunakan bahan dasar dengan sumber quarry (sungai tempat mengambil agregat) yang berbeda. Sumber quarry yang berbeda maka dapat dipastikan mempengaruhi kualitas agregat. Perbedaan ini mempengaruhi kualitas beton, hal ini mempengaruhi grafik untuk menentukan jumlah semen setiap  $1\text{m}^3$ . Kedua masalah ini sangat mempengaruhi komposisi yang dihasilkan dalam perancangan campuran beton menyebabkan kuat tekan yang dihasilkan tidak akurat sehingga memerlukan pengujian percobaan (*trial mix*) berulang – ulang. Trial mix berulang – ulang untuk mencapai komposisi campuran beton sesuai kuat tekan yang diharapkan sangat tidak efektif sebab membutuhkan waktu yang lama dan biaya pelaksanaan lebih mahal. Berdasarkan masalah yang ada, maka diperlukan penelitian studi eksperimental di laboratorium mengenai pengaruh penggunaan semen PCC dan OPC tipe I terhadap kuat tekan beton.

Perancangan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya sebab bahan penyusun tersebut akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan. Pada dasarnya perancangan campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proporsi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum. Pengertian optimal adalah penggunaan bahan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria standar dan ekonomis ditinjau dari biaya keseluruhan. Kriteria dasar perancangan beton adalah kekuatan tekan dan hubungannya dengan faktor air semen yang digunakan (SNI.T-15-1990-03). Campuran beton merupakan perpaduan dari komposit material penyusunnya. Proporsi ini ditentukan melalui sebuah perancangan campuran (*mix design*) beton.

Ordinary Portland Cement (OPC) tipe I adalah semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling klinkers dan gypsum (persyaratan mengacu pada SNI No.15-2049-2004. Jenis semen ini digunakan untuk bangunan umum dengan kekuatan tekan yang tinggi (tidak memerlukan persyaratan khusus), seperti: bangunan bertingkat tinggi, perumahan, jembatan, jalan raya, landasan bandar udara, beton pracetak, bendungan saluran irigasi dan elemen bangunan seperti: genteng, hollow, paving block, dan lain – lain. Semen PCC adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama – sama terak Semen Portland dengan gypsum yang terdiri dari satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran bubuk Semen Portland dengan bubuk bahan anorganik lain (SNI 15-7064-2004).

Agregat mempunyai peranan sangat penting terhadap harga beton maupun kualitasnya. Volume total beton terdiri dari volume agregat 65 %– 75 %, oleh karena itu dengan menggunakan komposisi agregat semaksimal mungkin akan diperoleh harga beton yang lebih murah. Agregat berdasarkan ukurannya dibagi menjadi dua: 1) agregat halus adalah agregat yang semua butirnya lolos ayakan 4,8 mm dan 2) agregat kasar adalah agregat yang butirnya tertahan ayakan berlubang 4,8 mm. Pasir cukup baik, bersih, kadar lumpur < 5% dan bentuk butiran beragam, ukuran butir masuk dalam gradasi zone 2 dengan maksimum 4,8 mm, sehingga dapat memenuhi persyaratan dalam (SNI 03-1750-2004 (BSN 2004). Kerikil cukup baik, keras, kadar lumpur < 1%, ukuran butir masuk dalam gradasi antara 4,8 mm dan 20,0 mm, sehingga dapat memenuhi persyaratan (SNI 03-1750-2004 (BSN 2004).

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga mempengaruhi kekuatan beton (SNI 03-6817-2002 (BSN 2002a).

Mulyono (2004), menyatakan bahwa terdapat beberapa metode perawatan beton antara lain merendam beton dalam air. Perawatan dilakukan setelah beton mengeras (*final setting*), agar proses hidrasi berjalan normal. Perawatan dilakukan minimal selama 7 (tujuh) hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 (tiga) hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab. Fungsi utama dari perawatan beton adalah untuk menghindarkan beton dari kehilangan air semen yang berlebihan pada saat proses pengerasan beton.

Kekuatan tekan beton adalah kriteria untuk menentukan kualitas beton, standar umur beton 28 hari dijadikan acuan dalam menentukan kuat tekan beton berdasarkan peningkatan kekuatan beton umur 28 hari mencapai kuat tekan 100%. Pembebanan pada pengujian kuat tekan termasuk pembebanan statik monotonic dengan menggunakan alat uji tekan (*compressive test*) (SK SNI T – 15 – 1990 – 03)

$$f_{c28} = P/A$$

$$f_{cr} = \frac{\sum^n f_{c28}}{n}$$

$f_{c28}$  (kuat tekan masing-masing benda uji (kg/cm<sup>2</sup>),  $f_{cr}$  (kuat tekan rata-rata benda uji (kg/cm<sup>2</sup>), P (beban maksimum, kg), A (luas penampang (cm<sup>2</sup>) dan n (jumlah benda uji).

Penelitian ini diharapkan memberi kontribusi yang sangat bermanfaat pada konstruksi ketekniksipilan, terutama yang menyangkut perancangan campuran beton menggunakan semen PCC dan OPC tipe I. Pengujian kuat tekan beton menggunakan kedua semen ini dengan variasi faktor air semen sangat berguna dalam rancangan campuran beton. Hal ini sangat bermanfaat dalam menentukan komposisi campuran beton untuk menghindari trial mix yang berulang-ulang. Urgensi penelitian ini adalah hasil rancangan campuran beton sesuai target mutu yang diharapkan.

**II. METODE PENELITIAN**

Penelitian berlangsung selama 8 (delapan) bulan di Labortorium Bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil PNUP meliputi. Bahan penelitian: semen PCC dan OPC tipe I, pasir Bili – Bili, batu pecah Bili – Bili, dan air bersih. Proses pengambilan data : uji kualitas pasir , uji kualitas batu pecah, rancangan campuran beton dengan FAS: 0,4,0,45,0,50,0,55 dan 0,60, membuat benda uji kubus beton 15cmx15cmx15cm. Selanjutnya perawatan benda uji dalam air bersih, dan uji tekan beton umur 28 hari.

Tabel 2.1 Matriks sampel uji kuat tekan beton

No.	Jenis semen	Faktor Air Semen (FAS)					Total
		0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	
1.	Semen PCC	5	5	5	5	5	25
2.	Semen OPC tipe I	5	5	5	5	5	25

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1. Uji karakteristik agregat**

Pengujian karakteristik agregat halus dan kasar meliputi : kadar air, kadar lumpur (<75µm (no.200), kadar organik ( hanya agregat halus), modulus kehalusan, berat volume, berat jenis SSD dan penyerapan. Secara umum hasil uji karakteristik agregat memenuhi syarat untuk pencampuran beton. Tabel 3.1. menunjukkan komposisi campuran beton yang diperoleh dari hasil rancangan campuran (mix design) beton

Table 3.1 Komposisi campuran beton/1m<sup>3</sup>

FAS	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)	Berat total (kg)
0,40	512,5	630,1	965,0	217,4	2325
0,45	455,6	652,4	999,2	217,8	
0,50	410,0	670,3	1026,5	218,2	
0,55	372,7	684,9	1048,9	218,5	
0,60	341,7	697,1	1067,6	218,7	

(sumber: hasil perencanaan mix design)

**3.2. Hasil uji tekan kubus**

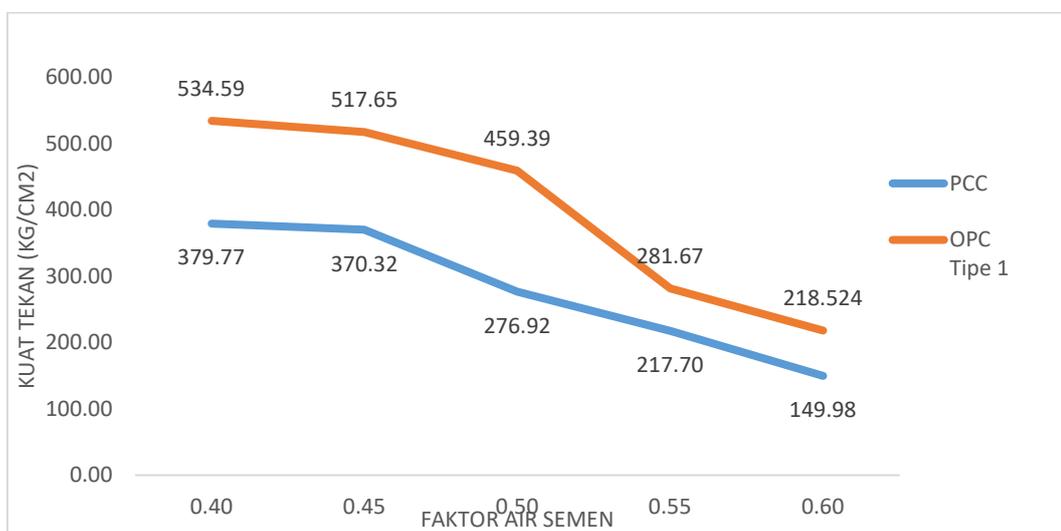
Tabel 3.1. dan Tabel 3.2. menunjukkan hasil uji kuat tekan beton menggunakan semen PCC dan OPC Type 1 untuk semua perlakuan variasi Faktor Air Semen (FAS).

Tabel 3.1 Hasil uji tekan beton menggunakan semen PCC

No	Benda uji	Nilai FAS	fcr (kg/cm <sup>2</sup> )
1	FAS-0,40	0,40	379,77
2	FAS -0,45	0,45	370,32
3	FAS -0,50	0,50	276,92
4	FAS -0,55	0,55	217,70
5	FAS -0,60	0,60	149,98

Tabel 3.2 Hasil uji tekan beton menggunakan semen OPC Type 1

No	Benda uji	Nilai FAS	fcr (kg/cm <sup>2</sup> )
1	FAS -0,40	0,40	534,59
2	FAS -0,45	0,45	517,65
3	FAS -0,50	0,50	459,39
4	FAS -0,55	0,55	281,67
5	FAS -0,60	0,60	218,524

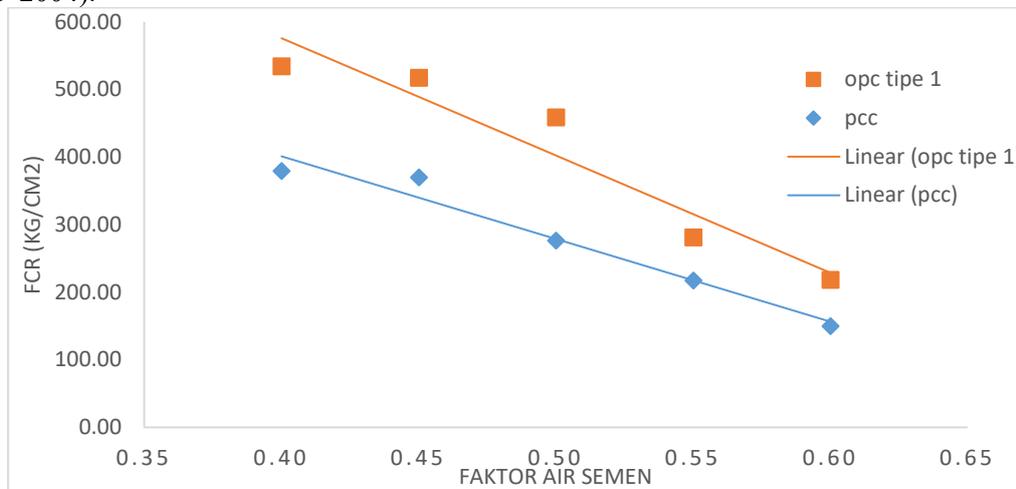


Gambar 3.1 Grafik FAS terhadap fcr

Tabel 3.1. dan gambar 3.1 memperlihatkan hasil uji kuat tekan beton rata – rata (fcr) umur 28 hari menggunakan semen PCC untuk semua perlakuan beton FAS-0,40, FAS-0,45, FAS-0,50, FAS-0,55 dan FAS-0,60. Penggunaan semen PCC dalam campuran beton menghasilkan nilai fcr berturut – turut : 379,77 kg/cm<sup>2</sup>, 370,32 kg/cm<sup>2</sup>, 276,92 kg/cm<sup>2</sup>, 217,70 kg/cm<sup>2</sup>, dan 149,98 kg/cm<sup>2</sup>. Persentase penurunan fcr FAS 0,40 terhadap FAS -0,45, FAS-0,50, FAS-0,55 dan FAS-0,60 memberikan hasil berturut – turut : 2,5%, 27,1%, 42,7% dan 60,5%. Tabel 3.2. dan gambar 3.1 memperlihatkan hasil uji kuat tekan beton rata – rata (fcr) umur 28 hari menggunakan semen OPC tipe I untuk semua perlakuan beton FAS-0,40, FAS-0,45, FAS-0,50, FAS-0,55 dan FAS-0,60. Penggunaan semen OPC tipe I dalam campuran beton menghasilkan nilai fcr berturut – turut OPC tipe I dalam campuran beton menghasilkan fcr berturut – turut : 534,59kg/cm<sup>2</sup>, 517,65 kg/cm<sup>2</sup>, 459,39 kg/cm<sup>2</sup>, 281,67kg/cm<sup>2</sup>, dan 218,524kg/cm<sup>2</sup>. Persentase penurunan fcr FAS 0,40 terhadap FAS -0,45, FAS-0,50, FAS-0,55 dan FAS-0,60 memberikan hasil berturut – turut : 3,2%, 14,1%, 47,3% dan 59,1%. Dengan demikian, beton dengan menggunakan semen PCC dan OPC tipe I kedua – duanya menunjukkan kecenderungan yang sama terhadap nilai FAS. Menurut Mulyono (2004), faktor air semen dapat didefinisikan sebagai rasio berat air terhadap berat total semen. Hubungan antara FAS dan mutu beton adalah semakin besar nilai faktor air semen, semakin rendah mutu kekuatan beton. Dengan demikian untuk menghasilkan sebuah beton mutu tinggi faktor air semen dalam beton haruslah rendah. Akan tetapi hal ini menyebabkan kesusahan dalam pengerjaannya. Umumnya nilai faktor air semen untuk beton normal sekitar 0,4 dan nilai maksimumnya 0,6. Tujuan pengurangan faktor air semen ini adalah untuk mengurangi hingga seminimal mungkin porositas beton sehingga akan dihasilkan beton mutu tinggi. Tjokrodimuljo, (2013), mengemukakan bahwa untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25% dari berat semen

saja, namun kenyataannya pemakaian nilai faktor air semen yang kurang dari 0,35 akan sulit dalam pengerjaannya .

Beton dengan menggunakan semen OPC tipe I menghasilkan nilai fcr lebih tinggi dari pada menggunakan semen PCC yaitu : 29,0%,28,5 %,39,7%,22,7% dan 31,4%. Perbedaan nilai tersebut disebabkan Semen PCC kadar klinkernya dikurangi hingga 75% dan digantikan dengan material kapur, pozzolan dan abu terbang. Kelebihan Semen PCC, biaya produksi lebih murah dan ramah lingkungan (menghabiskan energi lebih rendah sebab kadar klinkernya lebih sedikit) dan menggunakan limbah hasil pembakaran batu bara berupa abu terbang. Selanjutnya dijelaskan bahwa OPC tipe I adalah semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling klinkers dan gypsum. Jenis semen ini digunakan untuk bangunan umum dengan kekuatan tekan yang tinggi (tidak memerlukan persyaratan khusus), seperti: bangunan bertingkat tinggi, perumahan, Jembatan, jalan raya, landasan bandar udara, beton pracetak, bendungan saluran irigasi dan elemen bangunan seperti: genteng, hollow, paving block, dan lain -lain. Penggunaan semen PCC sangat cocok untuk plesteran, paving blok, selokan, pemasangan dinding batu bata dan bangunan yang tidak terlalu tinggi (disarankan tidak melebihi lantai tiga) sedangkan gedung dengan lantai melebihi tiga lantai sebaiknya menggunakan OPC tipe I (SNI No.15-2049-2004).



Grafik 3.2 Persamaan garis hubungan FAS dan nilai fcr

Persamaan garis linier hubungan antara FAS dan nilai fcr OPC tipe I adalah :  $y = -1736.2x + 1270.5$  ( $R^2 = 0,9147$ ) dan PCC adalah  $y = -1224.4x + 891.14$  ( $R^2 = 0,9634$ ). Nilai x adalah FAS dan nilai y adalah kuat tekan rata – rata beton. Persamaan garis linier ini dapat diaplikasikan untuk mengetahui nilai fcr selain FAS-0,40, FAS-0,45, FAS-0,50, FAS-0,55 dan FAS-0,60 .

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian fcr beton umur 28 hari dengan menggunakan semen PCC dan OPC tipe I berdasarkan FAS-0,40, FAS-0,45, FAS-0,50, FAS-0,55 dan FAS-0,60 , maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton rata – rata menggunakan semen PCC: 379,77 kg/cm<sup>2</sup>, 370,32 kg/cm<sup>2</sup>, 276,92 kg/cm<sup>2</sup>, 217,70 kg/cm<sup>2</sup>, dan 149,98 kg/cm<sup>2</sup>
2. Kuat tekan beton rata – rata menggunakan semen OPC tipe I : 534,59kg/cm<sup>2</sup>, 517,65 kg/cm<sup>2</sup>, 459,39 kg/cm<sup>2</sup>, 281,67kg/cm<sup>2</sup>, dan 218,524kg/cm<sup>2</sup>
3. Kuat tekan beton rata – rata menggunakan semen OPC tipe I lebih tinggi dari pada semen PCC : 29,0%,28,5 %,39,7%,22,7% dan 31,4%
4. Persamaan hubungan FAS dan kuat tekan beton rata – rata menggunakan semen PCC :  $y = -1224.4x + 891.14$  dan OPC tipe I :  $y = -1736.2x + 1270.5$

#### V. REFERENSI

- Adnyana,2010. *Perbedaan Kuat Tekan Beton Menggunakan Dua Jenis Semen* .<http://ojs.unud.ac.id>.Diakses pada tanggal 02 Januari 2020.
- Badan Standarnisasi Nasional.SNI. T. 15-1990-03. 1990. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campur Beton Normal*. Bandung: Yayasan LPMB(<http://www.google>, diakses 5 Pebruari 2019).
- SNI No.15-2049-2004,*Semen Portland* .
- SNI 15-7064-2004.*Semen Portland Komposit*.
- SNI SNI 03-1750-2004. *Spesifikasi Agregat Untuk Beton SNI 03-1750*.Jakarta BSN.

-----SNI 03-6817-2002 (BSN 2002a).*Metode Pengujian Mutu Air Untuk Digunakan Dalam Beton* .

Kurniawan.2013.*Perbandingan kuat tekan beton semen PCC dan Semen tipe I terhadap Pemakaian Sikament NN*, <http://jom.unri.ac.id>.Diakses pada tanggal 02 Januari 2020.

Lasino dkk. 2017. “*Karakteristik Beton Dengan Menggunakan Berbagai Jenis Semen*”. Dalam *Jurnal Jalan-jembatan*, 34(1): 49-63 .Diakses pada tanggal 02 Januari 2020

Made.2019. *Pengaruh Jenis Semen dan Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton* .<http://journal.um.ac.id>.Diakses pada tanggal 02 Januari 2020.

Meiranto.2013. *Waktu alir Kuat Tekan dan Kuat Tarik Pasta Sebagai Bahan Graut Dengan Berbagai Nilai FAS*..<http://etd.repository.ugm.ac.id>.Diakses pada tanggal 02 Januari 2020.

Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.

Purwanto Eddy. 2016. “*Pengaruh Semen OPC dan PCC Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada Beton Mutu Tinggi Faktor Air Semen 0,36 Dan 0,39*”. Dalam *Jurnal Rekayasa* 20(1). Diakses pada tanggal 02 Januari 2020.

Samekto, W dan Candra, R. 2000. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Kanisius.

Susanto, Dwi dkk. 2019. “*Karakteristik beton menggunakan portlan composit cement (PCC) dan silica fume untuk aplikasi struktur di daerah laut*”. Dalam *Jurnal rekayasa sipil*, 15(1):2. Diakses pada tanggal 02 Januari 2020.