

PENGARUH KOMPOSISI CAMPURAN BETON DAN JENIS SEMEN TERHADAP KELECAKAN (CONCRETE WORKABILITY) DAN KUAT TEKAN BETON

Agostinha Maria Da Silva Ximenes^{1*}, Abdul Halim¹⁾, Aji Suraji¹⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Universitas Widyagama Malang, Kota Malang

*Email Korespondensi: gostynhasilva338@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan dalam dunia konstruksi beton sangat pesat sehingga para produsen berlomba-lomba menciptakan teknologi baru dalam bidang konstruksi salah satunya semen. Tipe semen yang sering digunakan adalah Portland Tipe 1, dengan kemajuan teknologi diciptakan semen tipe PCC (*Portland Composite Cement*), semen tipe PCC ini yang sekarang banyak dijumpai di pasaran. Banyaknya merek semen maka perlu diketahui kualitasnya terhadap beton yang dihasilkan, kualitas beton juga dipengaruhi dengan berbagai merek semen yang digunakan dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Dari permasalahan tersebut penulis akan meneliti pengaruh komposisi campuran beton dan jenis semen berbeda, optimal dengan menggunakan merek semen di pasaran terhadap kuat tekan beton. Mengingat beton pada umumnya disusun dengan menggunakan berbagai merek semen. Semen yang akan diteliti adalah semen Gresik, semen Tiga Roda dan semen Merah Putih. Dari hasil penelitian yang dilakukan pada kekuatan beton optimal semen gresik lebih unggul dengan nilai kuat tekan sebesar 11.31 Mpa, dari pada nilai kuat tekan semen tiga roda yaitu 9,55 Mpa dan nilai kuat tekan semen Merah Putih 7,35 Mpa. Akan tetapi perhitungan kuat tekan pada umur 28 semen Gresik mendapatkan presentase kuat tekan tertinggi dari pada semen Tiga roda dan Semen Merah Putih hanya pada umur optimal semen Gresik dibawah semen Tiga Roda dengan presentase sangat tipis yaitu 2,4% lebih kuat semen Tiga Roda.

Kata Kunci : PCC, kuat tekan beton, kelecakan beton, merek semen.

ABSTRACT

Developments in the world of concrete construction are very rapid so that manufacturers are competing to create new technologies in the field of construction, one of which is cement. The type of cement that is often used is Portland Type 1, with technological advances, PCC (Portland Composite Cement) type cement was created, this PCC type cement which is now commonly found on the market. The number of brands of cement, it is necessary to know the quality of the concrete produced, the quality of the concrete is also influenced by the various brands of cement used and the age of the concrete can affect the compressive strength of the concrete. From these problems, the author will examine the comparison of the optimal age of concrete using the brand of cement on the market to the compressive strength of concrete. Considering that concrete is generally prepared using various brands of cement. The cements to be studied are Gresik cement, Tiga Roda cement and Merah Putih cement. From the results of research conducted at the optimal age of Tiga Roda cement, it was superior with a compressive strength value of 11,31 Mpa, than the compressive strength value of Gresik cement which was 9,55 Mpa and the value of the compressive strength of Merah Putih cement was 7,35 Mpa. However, the calculation of the compressive strength at the 28 Gresik cement got the highest percentage of compressive strength than Tiga Roda cement and Merah Putih cement only at the optimal age of Gresik cement under Tiga Roda cement with a very thin percentage of 2.4% stronger cement Tiga Roda.

Keywords : PCC, concrete compressive strength, the workability of concrete.

PENDAHULUAN

Keleccakan beton adalah tingkat kemudahan campuran beton untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan (Concrete workability) Sifat kemudahan dikerjakan pada campuran beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jumlah air, faktor air-semen yang digunakan, jumlah agregat dalam campuran beton, dan ukuran butiran agregat serta gradasinya. Fenomena hubungan antara keleccakan dengan faktor air-semen, dan jumlah agregat yang digunakan tidak diperlihatkan dengan jelas pada perancangan campuran beton cara SNI. Mengingat keleccakan campuran beton ditentukan oleh banyak faktor-faktor seperti yang telah diuraikan, maka sebaiknya dalam cara perancangan campuran beton, faktor-faktor yang menentukan tersebut turut diperhitungkan untuk mendapatkan jumlah air yang dibutuhkan.

Keleccakan campuran beton segar dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jumlah air, faktor air-semen dan ukuran butiran agregat. semakin besar ukuran agregat yang digunakan pada campuran beton, maka semakin sedikit jumlah air yang dibutuhkan, [1] Jika semakin kecil ukuran agregat, maka jumlah air yang dibutuhkan semakin besar dikarenakan luas permukaan butiran agregat yang harus dibasahi semakin banyak. [2].

Definisi Beton

Beton merupakan suatu konstruksi yang umumnya tersusun dari air semen dan agregat. Penggunaan beton saat ini tidak hanya pada ruang lingkup struktur saja, akan tetapi bisa juga digunakan untuk non struktur. Banyak komponen non struktur bangunan yang terbuat dari beton misalnya, dinding, kolom praktis, perabot rumah, maupun berbagai macam hiasan. Penggunaan beton pada komponen non struktur tentulah berbeda dengan struktur dimana komposisi di desain sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan nilai estetika maupun dari segi ekonomi yang lebih. Salah satu produk beton untuk penggunaan non struktur dan struktur ringan ialah beton non pasir (*no fines concrete*). Komposisi yang mengabaikan agregat halus dalam pembuatannya dapat mengurangi berat jenis beton tersebut. Selain itu, tidak adanya agregat halus dapat menimbulkan porositas pada beton tersebut yang diakibatkan oleh rongga yang tidak terisi oleh material yang lebih kecil. Beton terdiri dari $\pm 15\%$ semen, $\pm 8\%$ air, $\pm 3\%$ udara, selebihnya pasir dan kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya. Perbandingan campuran, cara pencampuran, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat-sifat beton [3].

Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) atau *water cement ratio* (wcr) adalah indikator yang penting dalam perancangan campuran beton karena FAS merupakan perbandingan jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Jadi dapat dikatakan [4]. Fungsi FAS, yaitu:

1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton.

Keleccakan (*Workability*)

Pengujian yang dipakai untuk mengetahui keleccakan beton adalah pengujian slump (slump test). Adukan beton dikatakan mudah pengerjaannya bila nilai slump tersebut masih dalam batas nilai slump rencana. Sebenarnya pengujian yang dipakai untuk mengetahui keleccakan beton adalah pengujian slump (slump test) [5]. menggunakan alat Kerucut Abrahams. Nilai slump pada umumnya akan meningkat sebanding dengan kadar air yang ada dalam campuran beton segar dan terbanding terbalik dengan kuat tekan beton. Beton dengan nilai slump < 15 mm mungkin tidak cukup plastis dan beton dengan nilai slump > 230 mm mungkin tidak cukup kohesif (SNI 1972:2008, 2008 Berikut beberapa faktor yang mempengaruhi keleccakan/workability beton segar adalah:

1. Jumlah air yang dipakai. Semakin banyak air, maka beton semakin mudah dikerjakan.
2. Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus.
3. Bentuk butiran agregat dan tekstur permukaan agregat yang bulat.
4. Ukuran maksimum kerikil yang dipakai.

Kuat Tekan Kekuatan beton

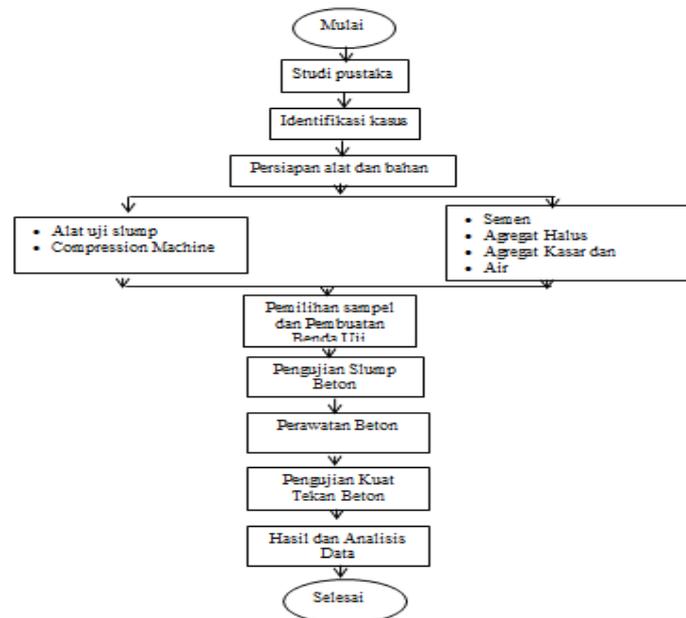
Terutama dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang digunakan atau tergantung pada faktor air semen. Nilai kuat tekan beton semakin meningkat sejalan dengan peningkatan umurnya. Beton sudah memiliki kekuatan maksimum pada umur 28 hari. Nilai kuat beton diukur dengan membuat benda uji berbentuk silinder. Pembacaan kuat tekan pada benda uji silinder. Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan beton antara lain:

1. Faktor air semen,
2. Umur beton,
3. Sifat agregat,
4. Jenis admixture,
5. Perawatan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Beton Teknik Sipil Universitas Widyagama Malang. Jawa Timur ini melalui beberapa tahap. Alur dari tahapan-tahapan tersebut ini dilihat pada Gambar 1 diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil pengujian fisik material di laboratorium, yang terdiri dari pengujian terhadap agregat kasar, pengujian agregat halus dan pengujian semen pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah material yang digunakan memenuhi spesifikasi yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia.

Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang sudah tersedia di berbagai sumber seperti di perpustakaan, perusahaan, dan buku-buku referensi lainnya.

Pengujian Bahan Penelitian

Pengujian bahan Penelitian dilakukan pada pengujian agregat untuk pengambilan data. Berikut Tabel 1 pengujian bahan penelitian agregat halus dan agregat kasar yang dibutuhkan untuk pengambilan data.

Tabel 1. Pengujian Bahan Penelitian

Pengujian Bahan Penelitian (Agregat)	
Agregat Halus	Agregat Kasar
Berat Isi Agregat	Berat Isi Agregat
Analisa Saringan	Analisa Saringan
Kadar Air	Kadar Air
Kadar Lumpur	Kadar Lumpur
Berat Jenis dan Penyerapan Air	Berat Jenis dan Penyerapan Air
	Keausan Mesin Los Angeles

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat (Pasir dan Kerikil)

Tabel 2. Pengujian Kadar Air Agregat Kasar (kerikil)

No	W1 (kg)	W2 (kg)	W3 (kg)	W4 (kg)	W5 (kg)	Kadar Air (%)
1	0,007	0,094	0,087	0,093	0,086	1,163
2	0,004	0,101	0,097	0,100	0,096	1,042
3	0,005	0,072	0,067	0,071	0,066	1,515
4	0,006	0,070	0,064	0,069	0,063	1,587
5	0,005	0,083	0,078	0,082	0,077	1,299
Total	0,027	0,42	0,393	0,415	0,388	6,606
Rata rata	0,0054	0,084	0,0786	0,083	0,0776	1,321

Keterangan: W1 = Berat Cawan, W2 = Berat Cawan + Kerikil, W3 = Berat Kerikil = W2 - W1,
 W4 = Berat Cawan + Kerikil Oven, W5 = Berat Kerikil Oven = W4 - W1.

Pengujian Kadar Air Agregat Halus (Pasir)

Hasil dari pemeriksaan kadar air agregat halus, sebagai berikut:

Tabel 3. Pemeriksaan kadar air agregat halus

No	W1 (kg)	W2 (kg)	W3 (kg)	W4 (kg)	W5 (kg)	Kadar Air (%)
1	0,005	0,088	0,083	0,086	0,081	2,5
2	0,005	0,099	0,094	0,097	0,092	2,2
3	0,005	0,106	0,101	0,104	0,099	2,0
4	0,007	0,076	0,069	0,074	0,067	3,0
5	0,006	0,074	0,068	0,073	0,067	1,5
Total	0,028	0,443	0,415	0,434	0,406	11,1
Rata rata	0,0056	0,0886	0,083	0,0868	0,0812	2,228

Keterangan : W1 = Berat Cawan, W2 = Berat Cawan + Pasir, W3 = Berat Pasir = W2 - W1,
 W4 = Berat Cawan + Pasir Oven, W5 = Berat Pasir Oven = W4 - W1

Dari data hasil perhitungan di atas diperoleh, kadar air pasir adalah **2,228 %** dan kadar air kerikil adalah **1,321%**. Kadar air kerikil lebih kecil dibandingkan dengan kadar air pasir.

Hasil Pemeriksaan Prosentase Kandungan Lumpur dalam Pasir

Bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur dalam pasir dan kerikil, dimana kandungan lumpur pada pasir yang lebih dari 5 % akan menyebabkan mutu beton berkurang.

Tabel 4. Kadar lumpur dalam pasir

No	Uraian	Keterangan
1	Tinggi Pasir + Lumpur (H1)	12,2 cm
2	Tinggi Pasir Kering Oven (H2)	11,9 cm
3	Prosentase	2,5 %

Hasil Pemeriksaan Prosentase Kandungan Lumpur dalam Kerikil

Bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur dalam kerikil, dimana kandungan lumpur yang lebih dari 1 % akan menyebabkan mutu beton berkurang.

Tabel 5. Kadar lumpur agregat kasar (Kerikil).

No	Uraian	Keterangan
1	Berat Kerikil Kering Oven (V1)	2,168 kg
2	Berat Kerikil Kering Oven Setelah Dicuci Tertahan Saringan No. 200 (V ₂)	2,142 kg
3	Prosentase	1,199 %

Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Bertujuan untuk menentukan berat jenis bulk, berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), berat jenis semu (*apparent*), dan menentukan besarnya penyerapan dari agregat halus.

Tabel 6. Hasil pengukuran lebar lajur jalan

No	Uraian	Hasil
1	Berat Pasir SSD	500 gram
2	Berat Pasir Kering Oven	473 gram
3	Berat Piknometer + Air	709 gram
4	Berat Piknometer + Pasir SSD + Air	1003 gram
5	Berat Jenis BULK	2,296 gram
6	Berat Jenis SSD	2,427 gram
7	Berat Jenis Semu	2,642 gram
8	Penyerapan Air	5.708 %

Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Tabel 7. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

No	Uraian	Hasil
1	Berat Kerikil SSD	5000 gram
2	Berat Kerikil Kering Oven	4970 gram
3	Berat Kerikil dalam Air	2927 gram
4	Berat Jenis BULK	2,397 gram
5	Berat Jenis SSD	2,412 gram
6	Berat Jenis Semu	2,433 gram
7	Penyerapan Air	0,6 %

Berat Jenis agregat kerikil SSD (Saturated Surface Dry) yang diperoleh adalah 2,412 gram dengan penyerapan air dalam kerikil sebesar 0,6 .Berat jenis agregat ini mendekati berat jenis agregat ringan yang memiliki batasan kurang dari 2.5 gram.

Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Bertujuan untuk mendapatkan berat satuan/isi (berat jenis menyeluruh) dari pasir dan kerikil.

Berat wadah (Kg)	= 8.9	Kg
Tinggi	= 30.5	cm
Diameter	= 15.5	
Volume	= 5755.1	cm ³
	= 0.005755	m ³

Tabel 8 .Pemeriksaan berat isi agregat halus

No	W2 (kg)	W3 (kg)	W4 (kg)	W5 (kg)	Wa (kg/m ³)	Wb (kg/m ³)
1	17,5	8,6	17,9	9	1,4943	1,5638
2	17,4	8,5	17,9	9	1,4770	1,5638
3	17,3	8,4	17,5	8,6	1,4596	1,4943
4	17,2	8,3	17,8	8,9	1,4422	1,5465
5	17,2	8,3	17,8	8,9	1,4422	1,5465

Tabel 9. Pemeriksaan berat isi agregat kasar

No	W2 (kg)	W3 (kg)	W4 (kg)	W5 (kg)	Wa (kg/m ³)	Wb (kg/m ³)
1	16,4	7,5	17,1	8,2	1,3032	1,4248
2	16,5	7,6	17	8,1	1,3206	1,4074
3	15,7	6,8	17,3	8,4	1,1816	1,4596
4	16,4	7,5	17,1	8,2	1,3032	1,4248
5	16,2	7,3	16,9	8	1,2684	1,3901

Pengujian berat satuan dengan cara dipadatkan memberikan hasil yang besar. Hal ini disebabkan karena dengan cara dipadatkan, pori-pori agregat terisi penuh akibat proses pemadatan dengan tongkat penumbuk. Banyaknya butiran-butiran yang mengisi pori-pori tersebut akan dipengaruhi oleh gradasi butiran, bentuk permukaan dan bentuk butiran. Adapun berat isi rata-rata pasir yang diperoleh adalah **1543 kg/m³**, berat isi rata-rata kerikil **1421 kg/m³**.

Komposisi Campuran Beton

Dalam penelitian ini digunakan variasi komposisi campuran beton yaitu :

- 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr
- 1 Pc : 2,5 Ps : 2,75 Kr
- 1 Pc : 2,5 Ps : 2,5 Kr
- 1 Pc : 3 Ps : 2 Kr

Keterangan :

Pc = Portland cement

Ps = Pasir

Kr = Kerikil

Selain varian komposisi campuran beton diatas penelitian ini membedakan jenis Portland cement yang digunakan, Merek dari semen yang digunakan adalah sebagai berikut:

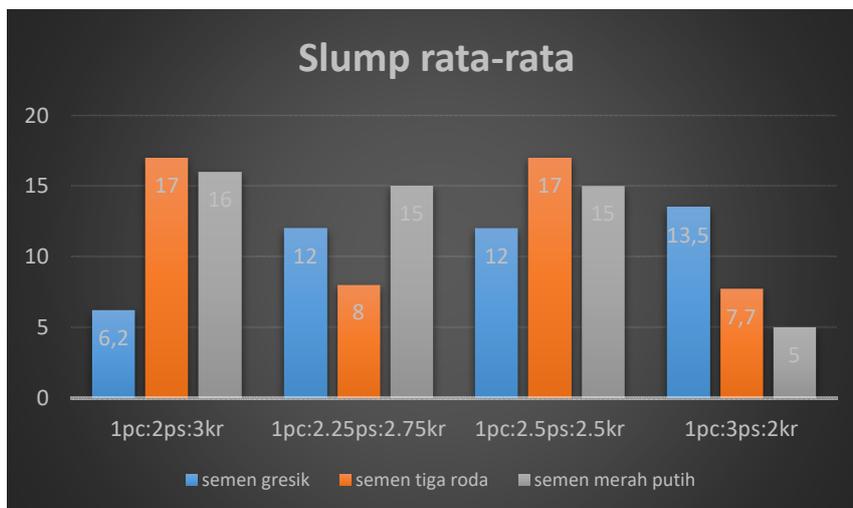
1. Campuran dengan Portland cement merek Semen Gresik
2. Campuran dengan Portland cement merek Tiga Roda
3. Campuran dengan Portland cement merek Merah Putih

Hasil pengujian Slump

Dari masing-masing campuran beton dengan perbedaan merek semen yang digunakan untuk pembuatan benda uji telah dilakukan pengujian *slump*. Hasil pengujian slump dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 10. Hasil pengujian nilai slump

Merek Semen			
komposisi campuran	Semen Gresik	Merah Putih	Tiga roda
1pc ; 2 ps ; 3 kr	6.2Cm	17 Cm	16 Cm
1pc ; 2.25 ps ; 2.75kr	12 Cm	8 Cm	15 Cm
1pc; 2.5 ps; 2.5 kr	12 Cm	17 Cm	15 Cm
1pc ; 3 ps ; 2 kr	13,5 Cm	7,7 Cm	5 Cm



Gambar 2. hasil pengujian slump rata-rata jenis semen berbeda

Hasil Pengujian Komposisi Campuran 1Pc : 2Ps : 3Kkr

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine* untuk mendapatkan beban maksimum yaitu beban pada saat beton hancur ketika menerima beban tersebut. Proses pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 3. Proses pengujian kuat tekan beton

Dari data pengujian kuat tekan beton pada benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dapat diperoleh kuat tekan maksimum beton. Contoh perhitungan kuat tekan diambil data dari benda uji beton komposisi campuran 1Pc: 2Ps: 3Kkr dengan merek semen yang digunakan adalah Semen Gresik pada umur benda uji adalah 28 hari. Dari hasil pengujian didapat gaya tekan maksimum sebesar 205 kN. Perhitungan untuk mendapatkan kekuatan tekan rata-rata adalah sebagai berikut:

Data:

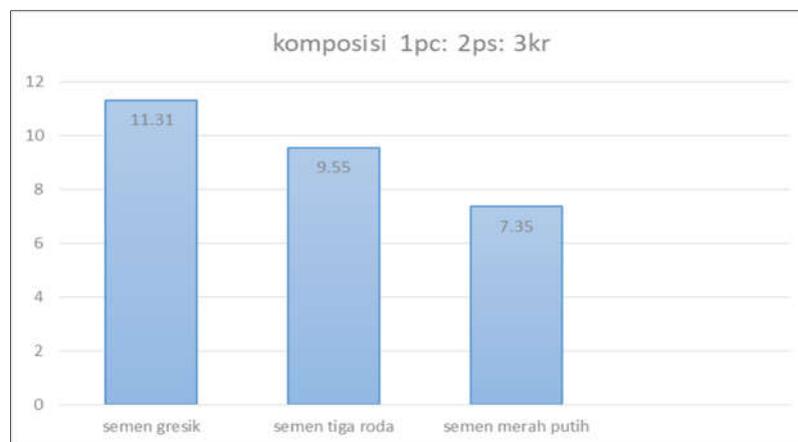
$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \frac{1}{4} \times 22/7 \times 150 \times 150 \\ &= 17678.57 \text{ mm}^2 \\ F_c &= P / A \\ &= 205 / 17678.57 \\ &= 11.60 \text{ MPa} \\ f'_{cr} &= \sum f_c / \sum \text{ benda uji umur 28hari} \\ &= 4526 / 4 \\ &= 11.31 \end{aligned}$$

Sebagai contoh menghitung kuat tekan rata-rata setiap komposisi campuran diambil contoh perhitungan pada beton dengan campuran 1Pc: 2Ps: 3Kr merek semen yang digunakan adalah Semen Gresik. Jumlah benda uji kuat tekan dengan campuran 1Pc: 2Ps: 3Kr merek semen yang digunakan adalah Semen Gresik adalah 4 benda uji, dengan jumlah kuat tekan dari 4 benda uji sebesar 45.25 N/mm². Jadi hasil kuat tekan rata-rata beton adalah sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil Perhitungan kuat tekan komposisi 1pc : 2ps : 3kr

No.	Jenis Semen	Kode Benda uji	Gaya Tekan	Kuat Tekan Silinder	Kuat Tekan rata-rata
			kN	N/mm ²	N/mm ²
1	Semen Gresik	B11	205	11.60	11.31
2		B15	170	9.62	
3		B19	205	11.60	
4		B20	220	12.44	
1	Semen Tiga Roda	C1	125	7.07	9.55
2		C2	175	9.90	
3		C3	200	11.31	
4		C4	175	9.90	
1	Semen Merah Putih	D7	145	8.20	7.35
2		D9	150	8.48	
3		D14	140	7.92	
4		D15	85	4.81	

Dari Tabel 11 dapat digambarkan grafik kuat tekan rata rata dengan jenis semen yaitu Semen Gresik, Semen Tiga Roda dan Merah Putih seperti pada gambar sebagai berikutnya;



Gambar 3. Grafik kuat rata-rata komposisi 1Pc : 2Ps : 3Kr

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa perbedaan kuat tekan rata-rata yang dihasilkan beton dengan penggunaan jenis semen yang berbeda. Perbedaan kuat tekan rata-rata pada campuran 1Pc : 2Ps : 3Kr yang menghasilkan kuat tekan rata-rata maksimum terdapat pada campuran yang menggunakan merek Semen Gresik yaitu sebesar 11.31 N/mm^2 . Jenis semen merek Tiga Roda menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 9.55 N/mm^2 lebih rendah dibandingkan Semen Gresik dengan selisih sebesar 1.77 N/mm^2 . Jenis semen merek Semen Merah Putih menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 7.35 N/mm^2 lebih rendah dibandingkan Semen Gresik dengan selisih sebesar 3.96 N/mm^2 dan lebih rendah dibandingkan dengan Semen Tiga Roda dengan selisih sebesar 2.19 N/mm^2 .

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap kelecakan dan kekuatan beton dengan menggunakan jenis semen berbeda :

1. Hasil perhitungan perbandingan agregat halus dan kasar pada campuran beton terhadap kelecakan beton jenis semen gresik, campuran 1ps;2ps;3kr lebih baik dibandingkan semen tiga roda dan merah putih.
2. Hasil perhitungan pada kuat tekan beton yg optimal semen gresik lebih unggul dengan nilai kuat tekan sebesar 11.31 Mpa, dan nilai kuat tekan semen Merah Putih 8.42 Mpa. dan semen tiga roda 8.41 Mpa ,sehingga dinilai bahwa untuk jenis semen yang cepat mengeras dan kuat tekan yang terbaik yaitu pada semen gresik karena menunjukkan nilai kuat tekan yang baik.

REFERENSI

- [1] Dika Dwi Astanti dan Priyanto Saelan ,(2018) "studi Mengenai Hubungan Antara Kelecakan dengan Faktor Air Semen dan Kadar Air dalam Campuran Beton"Cara Sni Pada Kondisi Agregat Kerin Udara.*Jurusan teknik sipil ,institut Teknologi national Bandung* 4,53.
- [2] Mulyati Aprini maramis,(2012) "Pengaruh variasi jumlah semen dengan faktor air yang sama terhadap kuat tekan beton,"*Fakultas teknik sipil dan perencanaan institut teknologi Padang*,vol 12, (1).
- [3] widodo, Aris dan Basith muhaamad Abdil,(2017) "Analisis kuat tekan beton dengan penambahan serat rooving pada beton non pasir,"*Jurnal sipil dan perencanaan* , vol. 19, no. 2, pp. 155-120.
- [4] Sari Rosie Arizki Intan ,Wallah Steenie E, Windah Reky S,(2015) "Pengaruh jumlah semen dan fas terhadap kuat tekan beton dengan agregat yang berasal dari sungai," p. 9, 2015.
- [5] Widhiarto Herry,& Sujatmiko,B. (2012).Analisis Campuran Beton Berpori Dengan Agregat Bergradasi Terpisah Ditinjau Terhadap Mutu Dan Biaya vol. 05, (02), p. 7.

