

PENGARUH KEHALUSAN SEMEN TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN MORTAR

Ventje Berty Slat ¹⁾, M.D. J. Sumajouw, S. Wallah ²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

²⁾ Staf Pengajar Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

Abstract

Slurry density which is determined by the number of cavities / micro pores in the cement paste will reduce the strength to withstand loads on an element due to a reduction in the broad field of contact . Estrangement between aggregate and paste will causes micro cracks and result in crack propagation . Therefore, it is very important to reduce the number of pores in mortar and improve the hydration of cement more perfect . Effective method to overcome the problem of gap graded grain which serves as an adhesive as well as the use of granular cement filler is finer than standard cement The smaller cement granules will produce better hydration process .

The aimed this study are to investigate the effect of fineness of cement in the mortar with a modified fineness method. The composition of the fineness of cement used are vary between 200 Standard , 400 , 500 and 600 m² / kg . Specimens used have dimension of 50 × 50 × 50 mm and be tested at ages 3 , 7 , 14 and 28 days in order to get the compressive strength. In this study, ratio of cement to sand is 1 to 2.75 with water to cement ratio of 0.485. Type of cement used is the type of PCC (Portland Composite Cement) commonly used in Indonesia

Results indicate that the fineness of cement affects the mechanical properties of concrete and workability .

Keywords: *cement fineness , compressive strength . type of cement, mechanical properties, workability*

Abstrak

Kepadatan adukan ditentukan dengan banyaknya rongga/pori-pori mikro dalam pasta semen akan mengurangi kekuatan menahan beban pada suatu elemen karena terjadinya pengurangan luas bidang kontak. Kerenggangan antara agregat dan pasta menyebabkan terjadinya retak mikro dan mengakibatkan perambatan retak. Oleh karena itu menjadi sangat penting untuk mengurangi jumlah pori-pori pada mortar dan meningkatkan hidrasi semen yang lebih sempurna. Metode yang efektif mengatasi masalah kesenjangan gradasi butiran yang berfungsi sebagai perekat juga sebagai pengisi adalah penggunaan butiran semen yang lebih halus dari semen standar. Butiran semen yang lebih kecil akan menghasilkan proses hidrasi yang lebih baik.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh kehalusan semen pada mortar dengan metode modifikasi kehalusan. Komposisi kehalusan semen yang digunakan bervariasi antara 200, Standard, 400, 500 dan 600 m²/kg. Spesimen yang digunakan berukuran 50×50×50 mm dan diuji pada usia 3, 7, 14 dan 28 hari untuk mendapatkan nilai kuat tekan. Perbandingan semen dan pasir adalah 1 berbanding 2,75 dengan nilai faktor air semen 0.485 digunakan dalam penelitian ini. Jenis semen yang digunakan adalah tipe PCC (Portland Composite Cement) yang umum digunakan di Indonesia.

Hasil menunjukkan bahwa kehalusan semen sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis beton serta workability.

Kata kunci : *Kehalusan semen, kuat tekan. type semen, sifat mekanis, workability*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sekarang ini teknologi nano merupakan rekayasa ukuran materi pada skala sepermilyar meter (10^{-9} m). Penggunaan nano teknologi dapat mempengaruhi perilaku dari suatu material dengan merubah ukuran tanpa merubah kandungan kimianya. Kehalusan material yang digunakan diketahui dapat memberikan efek yang besar dikarenakan luasan area yang lebih besar dibanding material standar. Penggunaan material yang dimodifikasi pada material konstruksi berfungsi sebagai material pengisi (*filler*) maupun sebagai material pengikat dapat meningkatkan performa antara semen dan agregat yang akan meningkatkan kualitas dari semen itu sendiri.

Penelitian kehalusan semen dilakukan untuk mengoptimalkan susunan material sehingga didapatkan kepadatan material yang lebih padat. Kepadatan ini diperoleh dengan prinsip pengisian pori yang terbentuk dengan material berukuran lebih kecil dari ukuran material standar. Dengan menggunakan butiran semen yang lebih halus akan meningkatkan kuat tekan mortar. Tingkat kepadatan partikel yang terjadi semakin baik, dan porositas yang terjadi lebih rendah (Arteaga et al. 2013). Penggunaan nano semen juga meningkatkan kuat tekan serta tarik lentur murni pada beton dan menghasilkan modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton konvensional. (Dewi et al. 2013)

Penelitian ini diharapkan untuk melengkapi hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Fokus yang dilakukan dengan modifikasi kehalusan semen dengan semen yang lebih halus dari semen standar. Tingkat kehalusan semen yang berbeda diaplikasikan pada mortar dengan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:2,75 dengan FAS 0,485 dan diuji kuat tekannya pada usia sampel 28 hari. Penelitian ini juga mengamati trendline yang dihasilkan dengan aplikasi modifikasi semen yang dihaluskan pada mortar dengan tipe semen PCC (Portland Composite Cement).

METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metodologi dalam penelitian ini, antara lain:

Tahap persiapan penelitian.

Dimulai dengan mencari literatur yang berhubungan dengan penelitian. Literatur didapatkan dari buku-buku studi maupun dari buku pedoman.

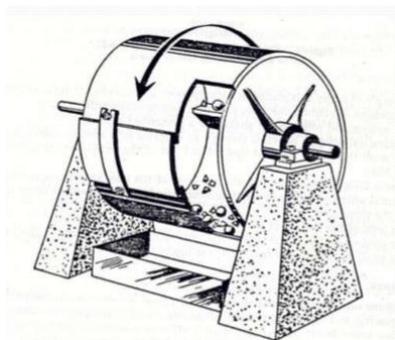
Tahap persiapan dan pengujian material.

Bahan yang akan digunakan untuk penelitian dipersiapkan dan dilakukan pengujian terlebih dahulu untuk mengetahui apakah material yang digunakan telah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Material yang digunakan untuk membuat benda uji antara lain :

- a. Portland cement menggunakan semen jenis PCC (SNI 15-7064-2004). Portland Cement Composit (PCC) yaitu semen hidrolis yang dibuat dari hasil penggilingan terak (clinker) semen portland dengan bahan tambahan berupa gypsum dan satu atau lebih bahan anorganik mencapai 35% (SNI 15-7064-2004), waktu ikat awal (ASTM C-191) dengan pengujian standar yang telah ditetapkan ASTM.
- b. Agregat halus yang digunakan dicuci dan dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar lumpur dan zat organik yang terkandung di dalamnya. Analisa yang dilakukan berupa analisa saringan (ASTM C-33), kadar air (ASTM C-128), berat isi (ASTM C-29), serta kadar lumpur dan zat organik (ASTM C-117; ASTM C-40-92). Semua analisa dilakukan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan ASTM.
- c. Air yang digunakan adalah air PDAM.

Modifikasi kehalusan material semen.

Semen yang digunakan dalam penelitian ini dikonversi ke dalam skala luas permukaan dan analisa saringan, penghalusan menggunakan Mesin Abrasi Los Angeles dengan jumlah bola baja 4 set. Prinsip kerja alat Mesin Abrasi Los Angeles dengan memanfaatkan energi tumbukan jatuh dari bola-bola baja. Bola-bola baja dan material yang akan dimodifikasi ukurannya dimasukkan ke dalam satu bejana, kemudian diputar dengan kecepatan mesin. Dalam bejana tersebut akan terjadi tumbukan antara bola-bola baja dan material yang dimasukkan seperti yang terlihat pada gambar 1. Tumbukan dan gesekan ini menciptakan mekanisme penggerusan material, sehingga menghasilkan material dengan butiran yang lebih halus dari standar. Proses ini dilakukan pada kecepatan standar mesin selama 6-8 jam. Alat Mesin Abrasi Los Angeles dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Mesin Abrasi Los Angeles

Analisa Luas Permukaan Semen.

Blaine air permeability merupakan salah satu cara mengukur tingkat kehalusan semen berdasarkan luas bidang per satuan berat (gram/cm^2 atau m^2/kg).

Kehalusan semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu Pengikatan (*setting time*) menjadi semakin lama jika butiran semen lebih kasar. Kehalusan penggilingan butiran semen

dinamakan luas penampang spesifik, yaitu luas penampang butir semen lebih besar, semen akan memperbesar bidang kontak dengan air. Semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang.

Tahap pembuatan benda uji.

Benda uji berupa kubus mortar ($50 \times 50 \times 50 \text{mm}$) menggunakan 5 tingkat kehalusan semen yang berbeda. Tingkat kehalusan semen yang digunakan 200, 300, 400, 500 dan $600 \text{ m}^2/\text{kg}$. Benda uji dibuat sebanyak 4 buah untuk setiap umur pengujian pada setiap tingkat kehalusan semen. Perincian benda uji seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Kode Kehalusan semen	Benda Uji	Jumlah
FB-200	Kubus mortar FB-200	20 buah
FB-Std	Kubus mortar FB-Std	20 buah
FB-400	Kubus mortar FB-400	20 buah
FB-600	Kubus mortar FB-500	20 buah
FB-600	Kubus mortar FB-600	20 buah

Pembuatan benda uji dengan tahap pekerjaan sebagai berikut:

- Memasukkan air suling ke dalam mangkok pengaduk, kemudian memasukkan semen yang sudah ditimbang perlahan-lahan, mengaduk kedua bahan dalam mangkok pengaduk selama 30 detik.
- Mencampur air suling dan semen dengan menggunakan mesin pengaduk (Mixer) selama 30 detik; kecepatan putaran mesin pengaduk adalah 140 ± 5 putaran per menit.
- Memasukkan pasir yang sudah disiapkan sedikit demi sedikit ke dalam mangkok yang berisi campuran semen-air suling sambil

diaduk dengan kecepatan yang sama dalam 30 detik; setelah itu pengadukan diteruskan selama 30 detik dengan kecepatan pengadukan 285 ± 10 putaran per menit.

- d. Menghentikan adukan, membersihkan adonan yang menempel di bibir dan bagian atas mangkok pengaduk selama 15 detik, mengaduk mortar selama 75 detik dalam mangkok pengaduk yang ditutup.
- e. Mengulangi kembali pengadukan selama 60 detik dengan kecepatan pengadukan 285 ± 10 putaran per menit.
- f. Adukan mortar ditungakan ke dalam cetakan mortar yang telah diolesi dengan minyak pelumas. Pemberian minyak pelumas pada cetakan bertujuan untuk mencegah mortar menempel pada cetakan serta mempermudah saat melepas benda uji dari cetakan.
- g. Memadatkan menggunakan bantuan penumbuk sebanyak 2 lapis, kemudian permukaan adukan diratakan menggunakan pisau perata.
- h. Menyimpan benda uji pada suhu ruangan selama 24 jam.
- i. Mengeluarkan benda uji dari dalam cetakan.
- j.

Tahap Perawatan

Setelah benda uji dikeluarkan dari cetakan harus dilakukan perawatan sampai pengujian dilakukan yaitu 28 hari. Perawatan dilakukan dengan cara merendamnya dalam air.

Tahap Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kuat tekan karakteristik yang dapat diterima oleh

mortar hingga mengalami kehancuran. Urutan kegiatan pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Mengangkat benda uji dari tempat perendaman, kemudian permukaannya dikeringkan dengan cara di lap dan dibiarkan selama 24 jam.
- b. Menimbang dan mencatat berat benda uji.
- c. Meletakkan benda uji pada UTM, menekan benda uji dengan penambahan gaya tetap sampai benda uji tersebut runtuh. Mencatat besarnya gaya maksimum yang bekerja pada benda uji.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 Hasil Pengujian Kehalusan Semen

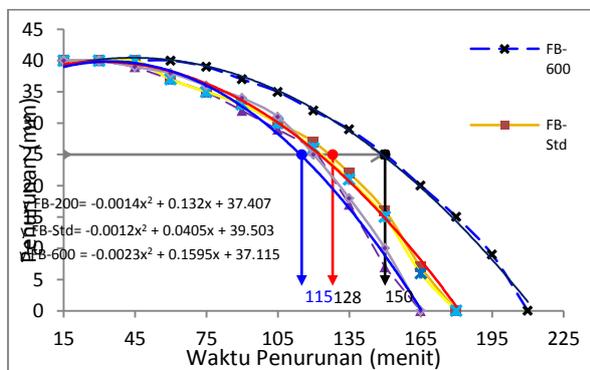
Kode kehalusan Semen	Blaine cm^2/gram	Tertahan Saringan			
		No.100 (%)	No.200 (%)	No.400 (%)	Pan (%)
FB-200	1991,38	5,238	18,675	69,877	6,210
FB-Std	3135,60	0,822	6,419	76,791	15,968
FB-400	4020,45	0,443	1,875	70,150	27,532
FB-500	4997,09	0,156	1,863	56,508	41,473
FB-600	6138,22	0	0,223	36,419	63,358

Waktu Ikat Semen

Waktu ikat awal semen didapatkan pada penurunan jarum vicat sebesar 25mm. Dari hasil percobaan diperoleh waktu ikat awal untuk semen FB-200 sebesar 150 menit, FB-Std sebesar 128 menit dan FB-600 sebesar 115 menit. Hasil analisa waktu ikat awal semen dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 2.

Tabel 3. Waktu Ikat Semen

No. Pengamatan Penurunan	Waktu Penurunan (menit)	Penurunan (mm)				
		FB-200	FB-Std	FB-400	FB-500	FB-600
1	15	40	40	40	40	40
2	30	40	40	40	40	40
3	45	40	40	40	39	39
4	60	40	37	37	38	37
5	75	39	35	35	36	35
6	90	37	33	33	34	32
7	105	35	30	30	31	29
8	120	32	27	26	25	26
9	135	29	22	21	18	17
10	150	25	16	15	10	7
11	165	20	7	6	0	0
12	180	15	0	0		
13	195	9				
14	210	0				
15	225					



Gambar 2. Grafik Analisa Waktu Ikat Semen

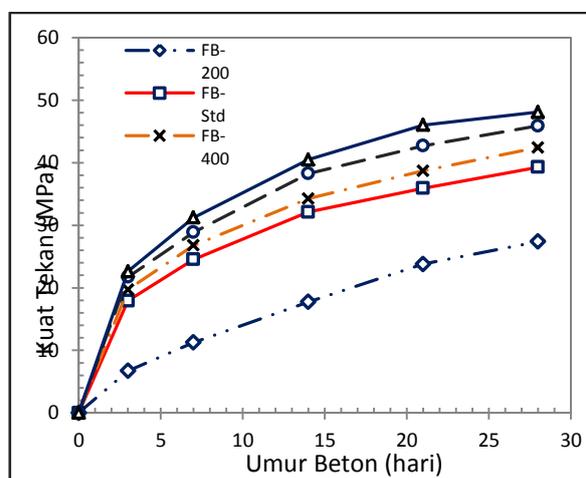
Pengujian Kuat Tekan Mortar

Dari hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan (Tabel 4 dan Gambar 3) terlihat bahwa dengan modifikasi ukuran partikel semen dapat meningkatkan kuat tekan mortar. Nilai kuat tekan spesimen meningkat seiring dengan peningkatan tingkat kehalusan semen yang dimodifikasi. Peningkatan kuat tekan terjadi pada tingkat kehalusan semen sebesar 600 m²/kg sebesar 48.1 MPa atau meningkat 22.45%. Pada semen

specimen FB-200 dimana semen mulai mengeras dengan kehalusan Blaine 1991,38 m²/kg terjadi penurunan kuat tekan terbesar sebesar 30,30% dan untuk semen FB-Std (standar).

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

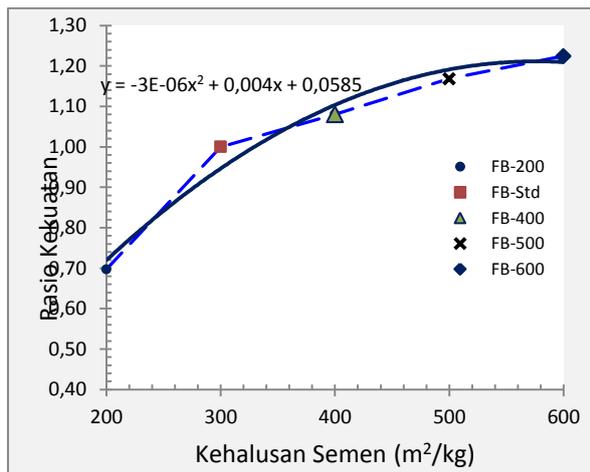
Kehalusan Semen	Kuat Tekan rata-rata Mortar (MPa)				
	3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
FB-200	6.710	11.260	17.730	23.780	27.380
FB-Std	17.910	24.530	32.120	35.910	39.280
FB-400	19.712	26.780	34.270	38.710	42.440
FB-500	21.722	28.880	38.270	42.700	45.900
FB-600	22.620	29.682	40.500	46.020	48.100



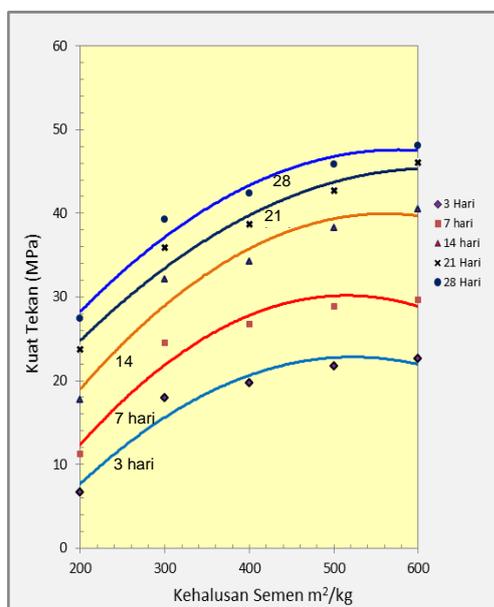
Gambar 3. Grafik Peningkatan Kuat Tekan Kehalusan Semen

Tabel 5. Peningkatan Kekuatan

Kode Kehalusan Semen	Rasio Kekuatan	Peningkatan Kuat Tekan Mortar (%)
FB-200	0.6970	-30.30
FB-Std	1.0000	0
FB-400	1.0804	8.04
FB-500	1.1685	16.85
FB-600	1.2245	22.45



Gambar 4. Grafik Rasio Kuat Tekan Terhadap Kehalusan Semen



Gambar 5. Grafik Pengaruh kehalusan semen pada pengembangan kekuatan Mortar

KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Semen PCC dengan tingkat kehalusan yang lebih besar dari semen standar terjadi peningkatan kekuatan yang lebih tinggi.
2. Waktu ikat awal semen dengan luas penampang spesifik semakin besar menunjukkan pengikatan awal lebih cepat pada 115 menit lebih lambat dibandingkan

semen dengan kehalusan standar pada 128 menit.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh lama penggilingan terhadap ukuran bulir semen yang dihasilkan.
2. Pengamatan panas hidrasi akibat dari penggunaan modifikasi kehalusan semen perlu diteliti untuk mengantisipasi efek samping dari pengikatan awal yang cepat dari semen.
3. Perlu mempersiapkan peralatan yang lebih memadai untuk penghalusan semen agar waktu lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

Arteaga, J.C., Chimal, O.A., Yee, H.T., and Torre, S.D., 2013, *The Usage Of Ultra-Fine Cement As An Admixture To Increase The Compressive Strength Of Portland Cement Mortars*, ACI Materials Journal, 42: 152-160.

ASTM C 109/109M-01, *Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortar*.

ASTM C 191-04a, *Time of Setting of hydraulic cement by Vicat Needle*.

ASTM C 204-00, *Standard test method for fineness of hydraulic cement by air permeability apparatus*.

ASTM C 430-96, *Standard test for fineness of hydraulic cement by 45-µm (No325) Sieve*.

ASTM, Section 4 – *Construction*, Annual Books of ASTM Standards, USA

Dewi, E., Apsari, K.T., Purwanto., Lie, H.A. (2013). “*Pengaruh Komposisi Nano Semen pada Perilaku Beton*.”Jurnal Karya Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Vol 2 (4), 309-319.

Fadlillah Dion Aji, Frisky Sustiwawan, Han Ay Lie, Purwanto, 2014 *Pengaruh Komposisi Nano semen terhadap kuat Tekan Mortar*, Jurnal Karya Teknik Sipil, Vol 3 (4), 1031-1042

Jackson N, Dhir R.K, 1988, *Civil Engenering Materials*, Macmillan Education. London

Jo, B.W., Kim, C.H., Lim, J.H., 2007, *Characteristic of Cement Mortar with*

- Nano-SiO₂ Particles*, ACI Materials Journal, 104: 404-407.
- SK SNI-03-6825-2002, 2002, *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil*, Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 15-2049-2004, *Semen portland*, Badan Standardisasi Nasional, 2004.
- SNI 15-7064-2004, *Semen portland komposit*, Badan Standardisasi Nasional, 2004