

## Pengaruh Variasi Kehalusan Blaine Semen Portland Komposit (Pcc) Terhadap Ketahanan Kuat Tekan Beton

### *The Effect of Blaine Fineness Variation of Portland Composite Cement (PCC) on the Compressive Strength Durability of Concrete*

Kurnia Y Bulewan<sup>1</sup>, Balissa Martin<sup>1</sup>, M. Saleh<sup>1\*</sup>, Temmalegga<sup>2</sup>  
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar<sup>1</sup>  
PT Semen Tonasa<sup>2</sup>

\*Email : [m\\_saleh@ukipaulus.ac.id](mailto:m_saleh@ukipaulus.ac.id)  
<https://doi.org/10.63365/kyhy2h46>  
Published :2026-02-26

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tingkat kehalusan semen Portland Composite Cement (PCC) terhadap sifat fisika dan mekanik, khususnya kuat tekan mortar dan beton. Metode yang digunakan meliputi preparasi material, pencampuran, serta pengujian kimia basah (LOI, BTL, XRF), uji fisika (residu, Blaine, kuat tekan mortar), dan uji kuat tekan beton. Hasil pengujian menunjukkan adanya hubungan terbalik antara residu dan kehalusan (Blaine), di mana semakin kecil residu maka semakin tinggi nilai Blaine. Peningkatan kehalusan semen berpengaruh terhadap kenaikan kuat tekan mortar pada hari ke 3, 7, dan 28, serta kuat tekan beton umur 28 hari. Nilai kuat tekan tertinggi dicapai pada PCC 3 sebesar 23,2 MPa, sedangkan terendah pada PCC 2 sebesar 19,7 MPa. Penelitian ini menegaskan bahwa kehalusan semen berpengaruh signifikan terhadap kualitas mortar dan beton.

**Kata kunci :** Semen PCC, Blaine, kuat tekan mortar, kuat tekan beton.

#### Abstract

*This study aims to analyze the effect of Portland Composite Cement (PCC) fineness on the physical and mechanical properties, particularly the compressive strength of mortar and concrete. The methods used included material preparation, mixing, wet chemical testing (LOI, BTL, XRF), physical testing (residue, Blaine, mortar compressive strength), and concrete compressive strength testing. The test results indicate an inverse relationship between residue and fineness (Blaine), where the smaller the residue, the higher the Blaine value. Increasing cement fineness affects the mortar compressive strength on days 3, 7, and 28, as well as the concrete compressive strength at 28 days. The highest compressive strength value was achieved at PCC 3 at 23.2 MPa, while the lowest was at PCC 2 at 19.7 MPa. This study confirms that cement fineness significantly affects the quality of mortar and concrete.*

**Keywords:** PCC cement, Blaine, mortar compressive strength, concrete compressive strength.

#### Pendahuluan

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis yang memegang peran penting dalam konstruksi. Semen Portland Komposit (PCC) merupakan jenis semen yang digunakan secara luas dalam industri konstruksi di Indonesia. Kehalusan Blaine merupakan parameter penting yang berdampak pada kecepatan laju hidrasi semen. Kualitas semen sangat dipengaruhi oleh sifat fisiknya, terutama tingkat kehalusan. Semakin halus semen, semakin

luas permukaan spesifik yang dimiliki, sehingga reaksi hidrasi berlangsung lebih cepat dan dapat meningkatkan kekuatan mortar maupun beton.

Bahan dari pembuatan semen yang ada di PT Semen Tonasa terbagi menjadi 3 yaitu bahan utama, bahan koreksi dan bahan pendukung sebagai berikut ini:

1. Bahan Utama
  - a. Batu Kapur  
Batu kapur termasuk ke dalam mineral

Calcareous adalah batuan tambang yang berfungsi sebagai pembawa calcium carbonat. Batu kapur yang digunakan oleh PT Semen Tonasa diperoleh dari tambang yang berada dibelakang plant. Menurut data yang diperoleh dari PT Semen Tonasa spesifikasi Limestone disajikan dalam tabel dibawah ini:

**Tabel 1.** Spesifikasi Limestone

spesifikasi	Nilai
BM	100 g/mol
Fase	Padat
Warna	Putih kekuningan
Densitas	1,3 ton/m <sup>3</sup>
Kadar air	8% H <sub>2</sub> O
LSF	2000
Ukuran material	50 mm
CaO	52%-55%

b. Tanah Liat (Clay)

Clay termasuk kedalam kelompok Siliceous dan Argillaceous merupakan bahan tambang yang banyak mengandung silika dan aluminat. Clay yang digunakan oleh PT Semen Tonasa diperoleh sebagian dari tambang yang berada dibelakang plant. Menurut data yang diperoleh dari PT Semen Tonasa spesifikasi Clay disajikan dalam tabel dibawah ini:

**Tabel 2.** Spesifikasi Clay

spesifikasi	Nilai
BM	100 g/mol
Fase	Padat
Warna	Putih kekuningan
Densitas	1,3 ton/m <sup>3</sup>
Kadar air	25% H <sub>2</sub> O
Ukuran material	5 mm

Silika Modulus	2.5
Iron Modulus	1.5
SiO <sub>2</sub>	60%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	

2. Bahan Koreksi

Bahan baku korektif ini digunakan ketika pada pencampuran bahan baku utama kualitas hasilnya tidak memenuhi kualitas yang telah ditetapkan. Selain itu, penambahannya juga bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Material yang termasuk bahan korektif diantaranya yaitu:

a. Pasir Silica

Silika merupakan sumber Silika (SiO<sub>2</sub>) dan Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang terdapat pada permukaan bumi, dimana senyawa tersebut dibutuhkan untuk membentuk C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>S, C<sub>3</sub>A, dan C<sub>4</sub>AF pada reaksi sintering yang terjadi di kiln. Pasir silika korektif harus memiliki kadar silika lebih dari 85%.

b. Pasir Besi (Iron Sand)

*Iron Sand / Copper Slag* mempunyai komponen utama Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Iron Sand/Copper Slag berfungsi untuk meningkatkan kandungan oksida besi yang ada sehingga diperoleh komposisi sesuai dengan yang diinginkan.

3. Bahan Pendukung

a. Trass (CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.3H<sub>2</sub>O)

Trass berasal dari lahar gunung berapi sehingga mempunyai SiO<sub>2</sub> aktif yang dapat berikatan dengan free lime membentuk CaO.SiO<sub>2</sub> (Kalsium Silikat).

b. *Fly Ash*

Abu terbang atau yang biasa kita sebut dengan fly ash memiliki sifat pozzolan yang terdiri dari unsur-unsur silikat dan atau aluminat yang reaktif. Komposisi kimia masing-masing jenis abu terbang sedikit

berbeda dengan komposisi kimia semen.

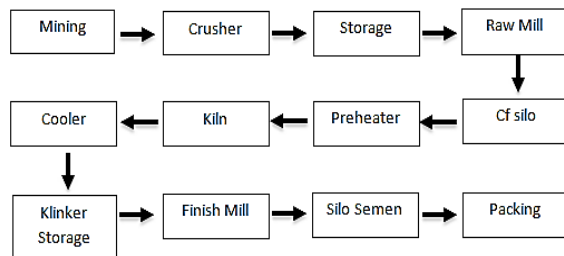
c. Limestone Filler

Limestone merupakan bahan yang mempunyai kandungan CaO tinggi untuk menyuplai kandungan CaO free lime pada klinker agar semen yang dihasilkan sesuai dengan standar. Komponen limestone harus memiliki nilai LSF >5000

d. Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) merupakan senyawa kalsium sulfat anhydrous yang berfungsi sebagai retarder, yaitu memperlambat waktu pengerasan/ setting time seme.

### Proses Pembuatan Semen



Gambar 1. Alur Proses Pembuatan Semen

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tingkat kehalusan semen PCC terhadap parameter kimia, fisika, kuat tekan mortar, serta kuat tekan beton.

### Prosedur Penelitian

Kegiatan Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium *Quality Assurance* PT semen Tonasa. Tahapan penelitian meliputi :

1. Preparasi Material: Clinker, gypsum, limestone, trass, dan fly ash dihancurkan menggunakan jaw crusher, disk mill, dan grinding mill.
2. Pembuatan Semen: Campuran clinker (3705 g), gypsum (292,5 g), limestone (1527,5 g), trass (650 g), dan fly ash (325 g) dihaluskan sampai mencapai kehalusan yang bervariasi (400–600  $\text{m}^2/\text{kg}$  Blaine).
3. Pengujian Kimia Basah: meliputi LOI, BTL, dan analisis oksida dengan XRF.
4. Pengujian Fisika: residu, kehalusan Blaine, serta kuat tekan mortar (3, 7, dan 28 hari).

5. Pengujian Beton: beton silinder dibuat dengan faktor air semen 0,599, diuji slump, dan kuat tekan umur 28 hari.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Analisis

Tabel 3. Pengujian Kimia

LOI	%	12,28	12,19	12,32	12,3
BTL	%	8,6	8,39	9,33	8,78
SiO <sub>2</sub>		16,426	16,333	16,343	16,401
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		7,041	7,219	7,155	7,026
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		4,4	4,45	4,46	4,489
CaO		50,981	54,568	55,561	54,759
MgO		1,6	1,66	1,651	1,531
SO <sub>3</sub>		1,901	1,884	1,844	1,814
Na <sub>2</sub> O		0,308	0,312	0,320	0,275
K <sub>2</sub> O		0,529	0,544	0,546	0,535

Tabel 4. Pengujian Fisika

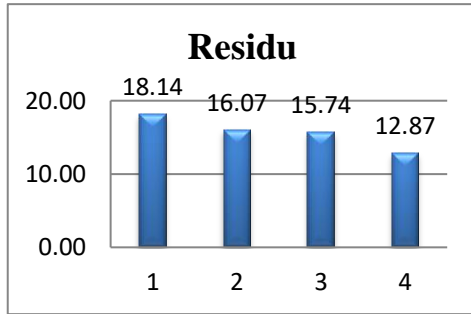
Residu	%	18,14	16,07	15,74	12,87
Blaine	$\text{m}^2/\text{kg}$	4368	4576	5028	5967
Kuat tekan mortar hari ke-3	$\text{kg}/\text{cm}^2$	147	158	163	177
Kuat tekan mortar hari ke-7	$\text{kg}/\text{cm}^2$	180	196	206	208
Kuat tekan mortar hari ke-28	$\text{kg}/\text{cm}^2$	234	259	279	292

Tabel 5. Pengujian Beton

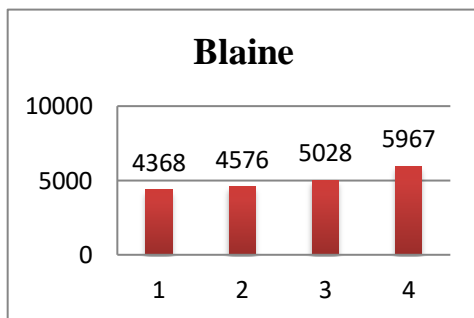
Faktor air semen	w/c	0,599	0,599	0,599	0,599
SLUMP	cm	13	12,5	13	13
Beton KT 28H	Mpa	20,6	19,7	23,2	21,6

**Pengujian Fisika**

a. Kehalusan



Gambar 2. Residu



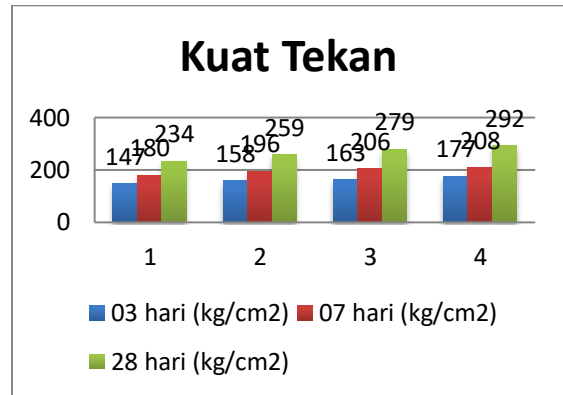
Gambar 3. Blaine

Pengujian residu dilakukan untuk mengetahui presentase partikel kasar dalam semen, yaitu partikel yang tertahan pada ayakan 45 mikron. Nilai residu yang tinggi menunjukkan bahwa semen mengandung lebih banyak partikel kasar, yang relatif lebih lambat bereaksi dengan air.

Pengujian blaine dilakukan untuk mengukur luas permukaan spesifik semen, yang dinyatakan dalam satuan  $m^2/kg$ . Nilai blaine yang lebih tinggi menunjukkan bahwa semen tersebut memiliki luas permukaan yang lebih besar, sehingga dapat bereaksi dengan air dalam waktu yang lebih singkat.

Dari kedua pengujian tersebut, terlihat adanya hubungan yang jelas antara residu dan blaine, yaitu berbanding terbalik. Semakin kecil nilai residu, semakin tinggi nilai blaine. Hal ini menunjukkan bahwa pengurangan partikel kasar berkontribusi langsung terhadap peningkatan kehalusan semen secara umum. Kehalusan semen yang mampu mempercepat proses hidrasi dan meningkatkan kekuatan awal mortar dan beton.

b. Kuat Tekan Mortar



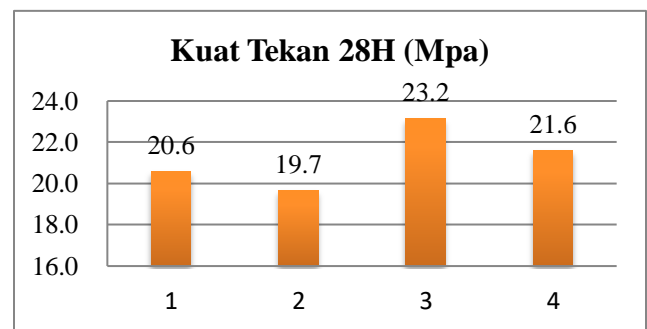
Gambar 4. Analisa Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar bertujuan untuk mengetahui kemampuan mortar dalam menahan beban tekan setelah mengalami proses pengerasan selama waktu tertentu, kuat tekan mortar merupakan salah satu parameter utama dalam menilai mutu dan performa semen dalam campuran mortar.

Dari data diatas, terlihat bahwa nilai kuat tekan mortar meningkat seiring bertambahnya umur mortar, yang menunjukkan progresif hidrasi semen. Peningkatan nilai kuat tekan dari hari ke-3 hingga hari ke-28 menunjukkan perkembangan kekuatan yang baik.

Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh kehalusan terhadap kekuatan tidak hanya terjadi pada kekuatan awal, namun berlanjut hingga umue 28 hari. Dengan demikian dapat di simpulkan peningkatan kehalusan semen tidak hanya mempercepat hidrasi, namun juga meningkatkan kekuatan jangka panjang mortar.

**Pengujian Beton**



Gambar 5. Analisis Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mengukur sejauh mana kemampuan beton menahan beban tekanan, yang merupakan salah satu indikator utama kualitas dan ketahanan beton. Secara umum, peningkatan kehalusan semen akan meningkatkan laju reaksi hidrasi karena butiran semen yang lebih halus memiliki luas permukaan spesifik yang lebih besar, sehingga mempercepat pembentukan senyawa hidrasi seperti C-S-H (*Calcium silicate hydrate*), yang menjadi faktor utama terhadap kekuatan beton. Namun, peningkatan kehalusan yang berlebihan juga dapat meningkatkan kebutuhan air dan mempengaruhi *workability* beton, yang mungkin mengakibatkan penurunan kekuatan jika tidak diimbangi dengan perbaikan campuran beton.

Dari data di atas, terlihat bahwa PCC 3 menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi, yaitu sebesar 23,2 Mpa. Sedangkan nilai terendah terdapat pada PCC 2 dengan kuat tekan sebesar 19,7 Mpa. Perbedaan nilai kuat tekan ini menunjukkan adanya pengaruh dari sifat masing-masing semen PCC yang digunakan, terutama dalam hal tingkat kehalusan. Adapun PCC 1 dan PCC 4 menunjukkan nilai kuat tekan yang relatif menengah, masing-masing 20,6 Mpa dan 21,6 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kehalusan semen yang sedang tetap dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan yang memenuhi standar minimum untuk beton struktural kelas ringan hingga sedang.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap empat jenis semen PCC dengan tingkat kehalusan berbeda, maka di peroleh Kesimpulan sebagai berikut :

- Tingkat kehalusan semen, ditinjau dari nilai Blaine dan residu ayakan 45 mikron, menunjukkan pengaruh langsung terhadap kuat tekan mortar. Semakin tinggi nilai Blaine dan semakin rendah residu, semakin tinggi kekuatan mortar yang dihasilkan, baik pada umur 3, 7, maupun 28 hari.
- Pada uji kuat tekan mortar:
  - Sampel PCC 4 (kehalusan tertinggi) menunjukkan kuat tekan tertinggi pada semua umur pengujian.
  - Sampel PCC 1 (paling kasar) menunjukkan kekuatan paling rendah. Hal ini membuktikan bahwa kehalusan semen

sangat berpengaruh terhadap perkembangan kekuatan mortar.

- Kuat tekan beton umur 28 hari menunjukkan hasil tertinggi pada PCC 3 (23,2 MPa), meskipun bukan yang paling halus. Hal ini menunjukkan bahwa kehalusan optimal sesuai standar SNI 7064-2022 lebih efektif daripada kehalusan maksimum dalam meningkatkan kekuatan beton. PCC 4 yang paling halus menghasilkan kuat tekan lebih rendah (21,6 MPa), kemungkinan karena kelebihan kehalusan menyebabkan kebutuhan air yang lebih tinggi atau gangguan pada *workability* campuran. PCC 2 menunjukkan hasil terendah (19,7 MPa), menunjukkan bahwa tingkat kehalusan yang belum optimal memberikan reaktivitas yang kurang maksimal.

Secara umum, dapat disimpulkan bahwa kehalusan semen PCC memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan mortar dan beton, tetapi performa maksimal dicapai pada tingkat kehalusan yang seimbang, bukan sekadar yang tertinggi.

## Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Semen Tonasa terutama di Unit *Quality Assurance* yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian serta menyediakan fasilitas laboratorium dalam rangkaian kegiatan magang ini. Penelitian ini terlaksana tanpa adanya hibah riset eksternal, melainkan didukung sepenuhnya oleh institusi dan fasilitas PT Semen Tonasa.

## Daftar Pustaka

- ASTM C109/C109M-21. *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*. ASTM International, 2021.
- ASTM C39/C39M-21. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM International, 2021.
- ASTM C204-18. *Standard Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by Air-Permeability Apparatus (Blaine Method)*. ASTM International, 2018.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). *SNI 1974:2011 – Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta: BSN, 2011..

- Badan Standardisasi Nasional (BSN). *SNI 1972:2008 – Metode Pengujian Slump Beton*. Jakarta: BSN, 2008.
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. *Concrete*. 2nd Edition. Prentice Hall, 2003.
- S Hewlett, P. C., & Liska, M. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*. 5th Edition. Butterworth-Heinemann, 2019.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. 4th Edition. McGraw-Hill Education, 2014.
- Scrivener, K. L., & Gartner, E. M. "Eco-efficient Cements: Potential, Economically Viable Solutions for a Low-CO<sub>2</sub> Cement-Based Materials Industry." *Cement and Concrete Research*, Vol. 114, pp. 2–26, 2018.
- Hooton, R. D. "Influence of Silica Fume Replacement of Cement on Physical Properties and Resistance to Sulfate Attack, Freezing and Thawing, and Alkali-Silica Reactivity." *ACI Materials Journal*, Vol. 90(2), pp. 143–151, 1993.
- Thomas, M. D. A. *Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete*. Portland Cement Association (PCA), Skokie, Illinois, 2007.