

## PENGARUH KOMBINASI GYPSUM DAN FLY ASH TIPE C PADA KUAT TEKAN MORTAR

**Aulia Rahman**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Malang

E-mail : aulia.rahman@polinema.ac.id

### Abstrak

Penggunaan kapur dan fly ash sudah sangat umum pada kegiatan konstruksi di Indonesia. Kedua material itupun banyak dihasilkan karena potensi alam Indonesia yang kaya. Kapur dipilih karena memiliki kesamaan unsur dengan semen, yaitu kalsium (Ca), sedangkan fly ash tipe C juga menunjukkan kandungan yang sama. Dengan mengombinasikan kedua material tersebut, peneliti mencoba mengkaji dampaknya pada kuat tekan mortar. Proporsi semen dibuat berkurang mulai dari 100%, 50%, 25%, dan 0%, sedangkan sisanya digantikan oleh kombinasi kapur dan fly ash tipe C. Kemudian, sampel diujikan pada umur 7 dan 14 hari untuk melihat performa kuat tekan pada hari-hari awal proses pengerasan. Sampel yang tidak berkomposisi bahan substituen menunjukkan kuat tekan tertinggi sebesar 23,3 MPa, kemudian terus berkurang seiring semakin sedikitnya campuran semen, sampai yang terendah 7 MPa pada sampel yang hanya berkomposisi kapur dan fly ash. Ada peningkatan performa signifikan pada sampel 4 yang hanya mengandung 25% semen, namun diindikasikan penyebabnya bukanlah karena komposisi, melainkan faktor lain seperti rasio air dan pemadatan.

**Kata kunci:** kapur, fly ash tipe C, mortar.

### Abstract

The use of gypsum and fly ash is very common in construction of Indonesia. Both of these materials are used because of Indonesia's rich natural potential. Gypsum was chosen because it has the same chemical composition as cement, which is calcium (Ca), while type C fly ash also shows the same content. By combining the two materials, the researchers tried to study their impact on the compressive strength of mortar. The proportion of cement was reduced from 100%, 50%, 25%, and 0%, while the rest was replaced by a combination of gypsum and type C fly ash. Then, the samples were tested at the age of 7 and 14 days to see the compressive strength performance on early days of hardening. Samples with no substituent composition showed the highest compressive strength of 23.3 MPa, then it continued to decrease as the cement mixture became less, until the lowest was 7 MPa in samples composed only of gypsum and fly ash. There was a significant increase in performance of sample 4 which only contained 25% cement, but it was indicated that the cause was not due to composition, but other factors such as water ratio and compaction.

**Keywords:** gypsum, type C fly ash, mortar.

## I. PENDAHULUAN

Negara Indonesia terdiri dari berbagai gugusan kepulauan yang menyimpan potensi alam yang besar dan beragam, salah satunya adalah batu bara. Umumnya, batu bara dimanfaatkan sebagai bahan bakar Pembangkit

Listrik Tenaga Uap (PLTU) untuk memenuhi kebutuhan listrik negara yang terus meningkat setiap tahunnya. Dalam tungku pembakaran batu bara, hasil residu terdiri dari beberapa jenis, termasuk abu terbang (fly ash). Penelitian abu terbang sebagai bahan alternatif pengganti

semen sudah lama dikerjakan. Komposisi kimianya yang mirip dengan semen membuat abu terbang biasa dicampur dengan kadar tertentu untuk mengurangi volume semen itu sendiri.

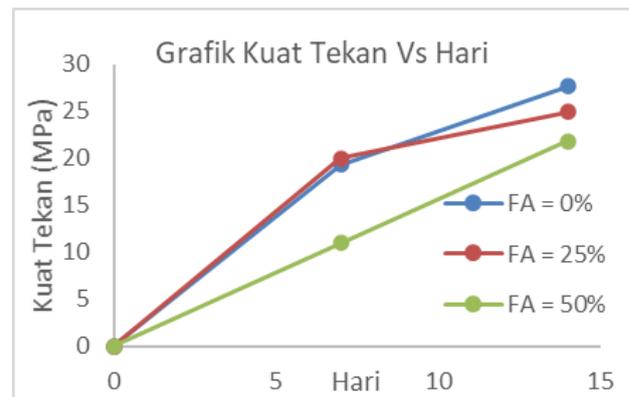
Sedangkan material lain yang sudah secara konvensional digunakan sebagai alternatif semen adalah kapur. Kapur atau gypsum merupakan bahan yang kaya mengandung kalsium (Ca) yang juga terkandung pada semen. Atas dasar kemiripan komposisi dan mudahnya didapatkan menjadi alasan utama digunakannya kapur sebagai bahan campuran semen di lapangan.

Dengan adanya dua material alternatif pengganti semen yang sama-sama sering digunakan ini, peneliti mencoba mengkaji kombinasi antara keduanya terhadap performa kekuatan mortar, yang merupakan bentuk lebih sederhana dari beton. Apakah interaksi antara semen (PC), kapur (gypsum), dan fly ash bisa memberikan dampak tertentu pada kekuatan mortar. Untuk membatasi cakupan penelitian ini, digunakan fly ash tipe C yang berkarakter identik dengan kapur, yaitu kaya akan kandungan Ca.

## II. TEORI

Secara umum, fly ash dibagi menjadi 2 jenis yaitu tipe C dan F, dimana tipe C kaya akan kandungan kalsium (Ca) sedangkan F sebaliknya. (ASTM, 2004) Penelitian sebelumnya telah coba mengkombinasikan kadar fly ash tipe C dan Pozzoland Cement (PC) mulai dari 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% untuk kemudian diujikan kuat tekannya pada

umur 7 dan 14 hari. Sifat fly ash tipe C yang mudah mengeras mengindikasikan performa kuat tekan yang identik pada sampel kontrol di umur 7 hari, namun semakin bias pada pengujian 14 hari. (Naibaho, 2020) Fenomena ini jugalah yang mendasari penggunaan fly ash sebagai alternatif pengganti PC.



Gambar 1. Grafik kuat tekan mortar dengan variasi semen dan fly ash tipe C pada penelitian terdahulu (Naibaho, 2020).

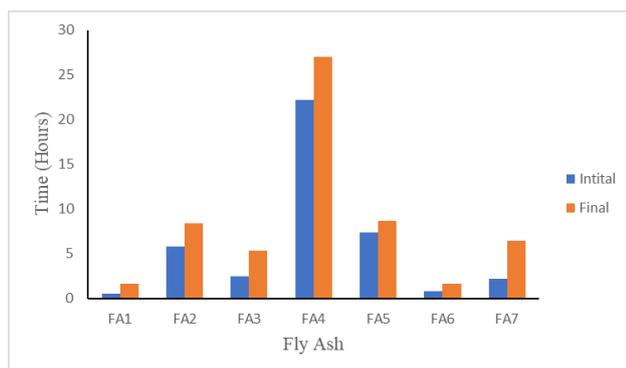
Kemampuan fly ash tipe C yang mengeras lebih cepat terindikasi sebagai salah satu alasan penyebab tingginya kuat tekan pada hari-hari awal pengujian. Penelitian terdahulu telah mengklasifikasikan beragam tipe fly ash dari berbagai PLTU, kemudian diuji waktu ikatnya. Sampel didatangkan dari Paiton (FA1), Pacitan (FA2), Jenepono (FA3), Tanjung Jati (FA4), Bayah (FA5), Petrokimia (FA6), Suralaya (FA7). Setelah diuji kandungan oksidanya dengan metode X-Ray Fluoresence (XRF), waktu ikat tujuh sampel tersebut menunjukkan perbedaan signifikan jika ditinjau dari tipe abu terbangnya. (Rahman, 2017)

Adapun alternatif lain yang sering digunakan untuk mengurangi volume PC adalah kapur. Kapur atau gypsum adalah zat yang sudah lama digunakan dalam bidang konstruksi. Seperti

halnya abu terbang, kapur bisa didapatkan dengan mudah dari sisa-sisa manufaktur produk industri, atau bahkan bisa ditambang di alam terbuka. Material ini ekonomis, mudah didapat, dan serbaguna. (Olson, 2001)

Tabel 1  
Kandungan fly ash dari berbagai wilayah Indonesia (Rahman, 2017).

Kadar Kandungan (%)					
Kode	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Total	Kelas
FA1	36.75	16.91	15.04	68.7	C
FA2	44	36.69	4.5	85.19	F
FA3	34.71	14.07	23.14	71.92	F
FA4	48.7	24.56	11.06	84.32	F
FA5	47.33	32.99	6.95	87.27	F
FA6	39.15	18.19	14.26	71.6	F
FA7	39.83	23.76	13.51	77.1	F

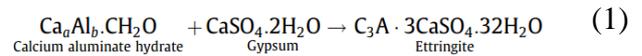
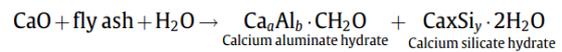


Gambar 2. Grafik waktu ikat berbagai jenis fly ash dari penelitian terdahulu (Rahman, 2017).

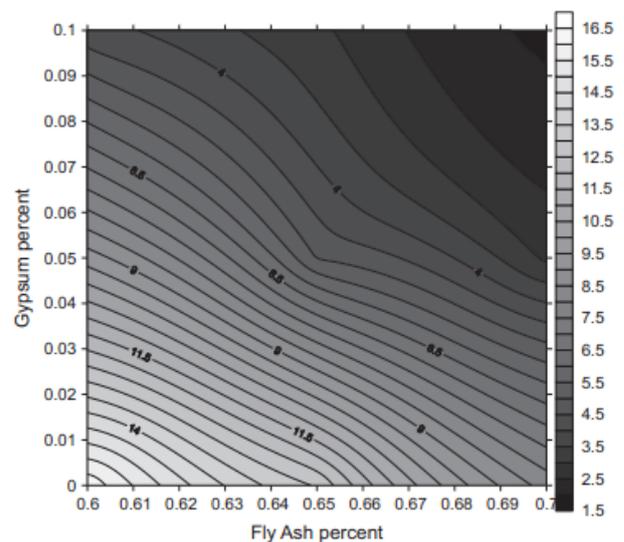
Kapur sendiri merupakan salah satu unsur pembentuk PC dengan kadar sebesar 3 – 5 %. Alasan inilah yang mendasari penggunaan kapur sebagai pereduksi volume semen. (Naik *et al*, 2010) (Sharpe *et al*, 2006) Pada beberapa kasus, gypsum dan fly ash bisa bereaksi dengan air untuk membentuk senyawa cementitious material, seperti pada persamaan 1 :

Pada persamaan 1 nilai a, b, c, x, y, dan z tergantung dari temperatur, tekanan, dan molar rasio dari reaktant. Sedangkan, ikatan atom C – S – H pada gypsum dan ettringite menentukan

kuat tekan komposisi tersebut. (Yang *et al*, 2008)



Suatu penelitian juga mengindikasikan korelasi antara kuat tekan pasta fly ash dan gypsum pada umur 2 hari pengujian. (Bondar, 2014) Maka, pada penelitian ini juga akan diamati hubungan kedua alternatif cementitious material ini pada sampel mortar, dengan PC sebagai variabel kontrol.



Gambar 3. Hubungan fly ash dan gypsum terhadap kuat tekan (Bondar, 2014).

### III. METODE PENELITIAN

Alat & bahan :

- Fly ash tipe C
- Gypsum
- Air
- Agregat halus
- Semen Portland
- Satu set cetakan mortar logam ukuran 5 x 5 x 5 cm
- Satu set mesin pengaduk
- Satu set bejana

- Satu set timbangan
  - Satu set ayakan
  - Universal Testing Machine (UTM)
- Pengujian :
- Pengujian kuat tekan mortar semen portland berdasar SNI 03-6825-2002.
  - XRF (*X-Ray Fluoresense*) berdasar ASTM D 4326 – 04.
  - XRD (*X-Ray Diffraction*) berdasar ASTM D 3906-19

3	25%	50%	25%
4	25%	25%	50%
5	0%	50%	50%



Gambar 4. Cetakan mortar.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, kadar cementitious material berbanding Semen Portland paling optimal terdapat pada angka 25%, (Naibaho, 2020) maka kadar yang sama akan digunakan pada penelitian kali ini. Untuk perbandingan agregat halus dan cementitious material ditetapkan pada angka 1 : 3, sedangkan rasio air sebesar 0,35. Variasi akan diberikan pada perbandingan PC, gypsum, dan fly ash mulai dari 0%, 25%, dan 50%. Sedangkan pengujian kuat tekan akan dilakukan pada umur 3 dan 14 hari.

Tabel 2  
Kombinasi PC, kapur, dan fly ash C pada sampel.

No	PC	Gypsum	Fly Ash
1	100%	0%	0%
2	50%	25%	25%

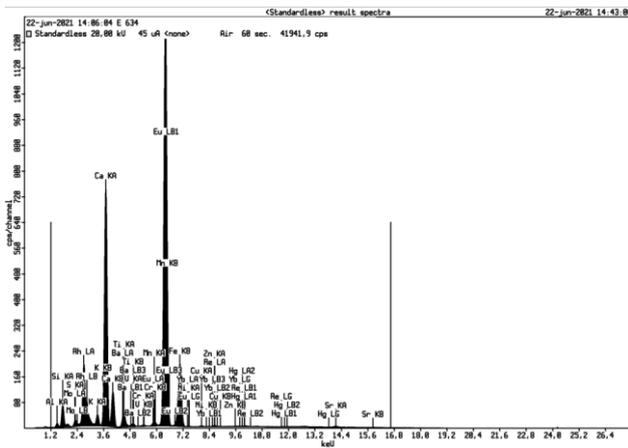
#### IV. HASIL DAN ANALISA

Dilakukan pengujian XRF (*X-Ray Fluoresense*) untuk mengungkap kandungan oksida sampel fly ash. Total ada 20 unsur oksida yang terkandung dalam sampel yang diujikan, mulai dari aluminium trioksida ( $Al_2O_3$ ) sampai dengan oksida merkuri ( $HgO$ ), yang dapat dilihat prosentasenya dalam tabel 3 :

Tabel 3  
Unsur-unsur oksida yang terkandung pada fly ash.

Unsur	Kadar (%)	Unsur	Kadar (%)
$Al_2O_3$	12	NiO	0.02
$SiO_2$	26.5	CuO	0.056
$SO_3$	1.1	ZnO	0.04
$K_2O$	1.24	SrO	0.42
CaO	27.7	MoO <sub>3</sub>	0.9
$TiO_2$	1.61	BaO	0.38
$V_2O_5$	0.04	Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.2
$Cr_2O_3$	0.067	Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.04
MnO	0.26	Re <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0.1
$Fe_2O_3$	26.9	HgO	0.17

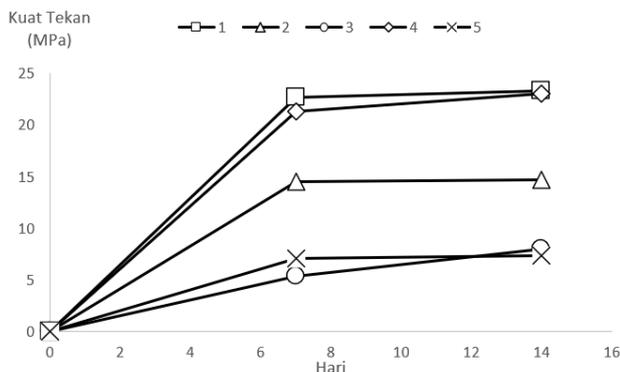
Terlihat bahwa sampel tersebut mengandung  $Al_2O_3$  sebesar 12%,  $SiO_2$  sebesar 26,5 %, dan  $Fe_2O_3$  sebesar 26,9%. Jika ketiga unsur oksida tersebut dijumlahkan, maka akan didapat prosentase sebesar 65,4%, atau kurang dari 70% yang merupakan batasan terbesar fly ash kelas C. Adapun data CaO menunjukkan angka 27,7% yang melebihi batas syarat fly ash tipe C, yaitu 10%, maka sampel yang digunakan terklasifikasikan sebagai tipe C.



Gambar 5. Hasil uji XRD sampel fly ash tipe C

Gambar 5 menunjukkan pola XRD (*X-Ray Diffraction*) pada sampel yang sama. Dari grafik tersebut bisa terlihat unsur Ca terkandung cukup dominan pada sampel, yang semakin menguatkan bahwa tipe dari fly ash ini adalah C.

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7 dan 14 hari pada mortar dengan berbagai komposisi, didapat hasil seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik kuat tekan kelima komposisi sampel.

Sampel dengan performa kuat tekan terbaik ditunjukkan oleh komposisi tanpa alternatif *cementitious material*, yaitu nomor 1. Sedangkan kekuatannya semakin menurun seiring berkurangnya kadar PC. Sampel 3 dan 5 menunjukkan hasil yang cukup identik, dengan

margin kuat tekan keduanya terbilang kecil, yaitu sekitar 1 – 2 MPa saja. Komposisi dengan kadar PC 50%, atau sampel 2, menunjukkan nilai kuat tekan yang berada di tengah batas rata-rata terendah (7 MPa) dan tertinggi (23,3 MPa) pada penelitian ini, yaitu sekitar 14 MPa. Dengan adanya data ini, mengindikasikan adanya penurunan linier kuat tekan yang berbanding lurus dengan pengurangan kadar PC.

Adapun hal menarik adalah performa sampel 4, yang menunjukkan kuat tekan hampir menyamai sampel 1, yaitu dengan nilai tertinggi mencapai 23 MPa. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai fenomena ini, seperti analisis kimia pada sisa-sisa sampel yang telah hancur untuk mengungkap kandungannya. Namun, pada pengamatan fisik mortar segar bisa dilihat perbedaan konsistensi antar sampel.



Gambar 7. Bentuk fisik sampel 4 dan sampel 5.

Sampel 4 terlihat begitu solid, sedangkan ada beberapa sampel yang tidak terpadatkan dengan baik. Sekilas, hal yang mempengaruhi kompakfitas mortar adalah metode penumbukan dan kadar air yang berbeda. Kendati faktor air semen sudah dibuat seragam, ada juga faktor lain dapat mempengaruhinya, seperti kemampuan penyerapan pasta. Saat gypsum dan fly ash digunakan sebagai bahan substituen, maka penyerapannya pun berbeda

dengan sampel yang hanya terbuat dari PC. Disinyalir penetapan faktor air semen yang sama tidak disarankan pada penelitian yang memvariasikan jenis *cementitious* berbeda. Sedangkan, kuat tekan sampel 4 yang menyamai sampel 1 belum bisa dipastikan penyebabnya hanya karena faktor kombinasi komposisi antara PC, gypsum, dan fly ash tipe C. (Neville, 2010)

## V. KESIMPULAN

1. Pengurangan jumlah PC sebanding dengan pengurangan kuat tekan sampel mortar, baik itu pada 7 hari pengujian, maupaun 14 hari. Penurunan ini teramati dengan nilai tertinggi sebesar 23,3 MPa untuk sampel tanpa substituen material, 14 MPa untuk 50% PC, dan 7 MPa untuk tanpa PC. Sedangkan sampel yang mengandung 25% PC performa kuat tekannya tidak jauh berbeda dengan sampel tanpa PC, yaitu dengan perbedaan sebesar 1 – 2 MPa saja.
2. Terjadi peningkatan kekuatan yang signifikan (23 MPa) pada sampel 4 yang hanya mengandung 25% PC, bahkan hampir menyamai sampel 1 yang tanpa menggunakan kapur dan fly ash (23,3 MPa), namun peningkatan performa ini diduga bukan karena faktor komposisi, melainkan kadar air, pemadatan, dll. Karena sampel dengan kandungan PC serupa, yaitu sampel 3, menghasilkan kuat tekan yang sama rendahnya dengan sampel tanpa PC (7 – 8 MPa).

## VI. SARAN

Penentuan faktor air sebagai variabel tetap perlu dikaji ulang pada penelitian mortar yang memvariasikan jenis *cementitious* material selain PC, karena kemampuan penyerapannya berbeda. Ada baiknya dilakukan uji konsistensi terlebih dahulu pada varian pasta yang akan digunakan. Sedangkan untuk mengungkap interaksi kimia pada sampel setelah proses hidrasi, perlu dilakukan analisis kimia lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials (ASTM) C618 (2004), “*Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*”, West Conshohocken, USA.
- Armin Naibaho., Aulia Rahman., (2020), Efek Penambahan Fly Ash Tipe C Terhadap Kuat Tekan Mortar, Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia, 5 (1), 2020, 51-56.
- Aulia Rahman. (2017), Karakterisasi Sifat Kimia dan Fisika Fly ash Indonesia. RC-142501, Intitut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Olson, Donald, 2001. “*Gypsum. U.S. Geological Survey Minerals Yearbook*” 35, 1-5.
- Naik, Tarun, Kumar, Rakesh, Chun, Yoon-moon, Kraus, Rudolph, 2010. “*Utilization of Powdered Gypsum-Wallboard in Concrete*”. UWM Center for By-Products Utilization: University of Wisconsin-Milwaukee, WI, USA.
- Sharpe, Roger, Greg Cork, 2006. “*Gypsum and anhydrite. Industrial Minerals and Rocks*”, seventh ed., pp. 519-540.
- Yang M, Qian J, Pang Y. “*Activation of fly ash–lime systems using calcined phosphogypsum*”. Constr Build Mater 2008;22:1004–8.