

PENGARUH KONSISTENSI *FLY ASH* TERHADAP SIFA - SIFAT MORTAR HVFA

Alvin Krisnanta Widiyanto¹, Jerry Laksmana Wiranegara², Antoni³, Djwantoro Hardjito⁴

ABSTRAK : *Fly ash* merupakan hasil dari pembakaran batubara banyak digunakan sebagai bahan pengganti semen. Keuntungan penggunaan *fly ash* pada beton segar ialah kehalusan dan bentuk partikel *fly ash* yang bulat dapat meningkatkan *workability*, serta mengurangi terjadinya *bleeding* dan segregasi. Permasalahan yang sering dihadapi dalam penggunaan *fly ash* ini adalah kemampuan untuk mengontrol mutu *fly ash* yang dihasilkan. *Fly ash* berwarna abu-abu hingga kehitaman karena adanya karbon, hal ini disebabkan pembakaran yang tidak sempurna. Juga dari penelitian lain disebutkan bahwa kandungan dari *fly ash* dipengaruhi dari asal batu bara, teknik pembakaran batu bara, kandungan mineral, metode pengumpulan, lama waktu penyimpanan, dan periode pengambilan sampel. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa, perbedaan waktu pengambilan *fly ash* memungkinkan terjadinya perbedaan antara masing-masing *fly ash*. Dalam penelitian ini kami ingin melihat konsistensi dari setiap *fly ash* yang kami ambil dengan waktu yang berbeda-beda. Kandungan mineral yang terdapat dalam *fly ash* bervariasi, dan variasi ini tentu bisa menyebabkan perbedaan pada kualitas dan mutu beton yang dihasilkan. Variasi *fly ash* yang ada dapat dilihat dari kandungan kimia yang ada, kehalusan, dan *loss on ignition* (LOI). Kualitas dari *fly ash* dapat dengan mudah ditentukan melalui pengukuran nilai pH *fly ash*. Dalam penelitian ini menggunakan campuran mortar *high volume fly ash* (HVFA) dimana menggunakan penggantian semen hingga 50%.

KATA KUNCI : *fly ash*, pH, HVFA, LOI, temperatur, *setting time*, *strength*.

1. PENDAHULUAN

Fly ash yang merupakan hasil dari pembakaran batubara banyak digunakan sebagai bahan pengganti semen. Keuntungan penggunaan *fly ash* pada beton segar ialah kehalusan dan bentuk partikel *fly ash* yang bulat dapat meningkatkan *workability*, serta mengurangi terjadinya *bleeding* dan segregasi. Keuntungan menggunakan *fly ash* pada beton keras ialah kontribusinya dalam peningkatan kuat tekan beton pada umur setelah 52 hari, meningkatkan kepadatan (*density*) beton, mengurangi terjadinya penyusutan beton, dan meningkatkan durabilitas beton (Nugraha & Antoni, 2004).

Hampir semua perusahaan *ready mix* sekarang ini menggunakan *fly ash*, karena penggunaan *fly ash* banyak keuntungannya dan lebih ekonomis. Permasalahan yang sering dihadapi dalam penggunaan *fly ash* ini adalah kemampuan untuk mengontrol mutu *fly ash* yang dihasilkan. *Fly ash* berwarna abu-abu hingga kehitaman karena adanya karbon, hal ini disebabkan pembakaran yang tidak sempurna. Juga dari penelitian lain disebutkan bahwa kandungan dari *fly ash* dipengaruhi dari asal batu bara, teknik pembakaran batu bara, kandungan mineral, metode pengumpulan, lama waktu penyimpanan, dan periode pengambilan sampel (Ekaputri et al, 2013). Variasi *fly ash* yang ada dapat dilihat dari kandungan kimia yang ada, kehalusan, dan *loss on ignition* (LOI). Kualitas dari *fly ash* dapat dengan mudah ditentukan melalui pengukuran nilai pH *fly ash*.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, alvinkrisnanta@yahoo.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, laksmanaj@gmail.com

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, Antoni@petra.ac.id

⁴Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, Djwantoro.h@petra.ac.id

High Volume Fly ash (HVFA) adalah campuran mortar atau beton yang mengandung *fly ash* lebih dari 50% dari proporsi *cementitious material*. HVFA itu sangat baik digunakan untuk mengurangi biaya produksi karena mengurangi penggunaan semen dalam pembuatan beton. Peneliti ingin mengetahui dan menganalisa karakteristik mortar HVFA. *Fly ash* yang digunakan pada penelitian ini berasal dari SCG Jayamix yang mengambil *fly ash* dari *power plant* PJB di PLTU Paiton. Melalui *mix design* yang telah ditentukan, peneliti ingin mengetahui seberapa besar pengaruh variasi waktu pengambilan dan karakteristik *fly ash* yang ada terhadap kualitas mortar HVFA yang dihasilkan.

2. STUDI LITERATUR

pH merupakan indikator untuk menentukan tingkat keasaman suatu campuran, dimana pH pada *fly ash* sangat berpengaruh pada kereaktifan suatu *fly ash*. Semakin tinggi pH pada *fly ash* semakin reaktif pula *fly ash* tersebut. Selain kereaktifan suatu *fly ash*, pH yang tinggi bisa meningkatkan kekuatan beton yang dihasilkan (Antoni et al., 2015).

Fly ash memiliki berbagai macam manfaat dalam pembuatan beton. Kelecekan beton dapat meningkat dengan penggunaan *fly ash*, hal ini diakibatkan partikelnya yang bulat dan halus mengisi rongga – rongga dalam campuran beton sehingga menyebabkan *workability* meningkat (Rao et al., 2011).

Setting Time merupakan waktu yang dibutuhkan sebuah mortar atau beton dari kondisi *liquid* menjadi *solid*. Pada umumnya, penggantian semen dengan *fly ash* memperlambat *setting time* dari beton. Akan tetapi penundaan waktu *setting time* bukan dikarenakan penambahan *fly ash*, hal ini dikarenakan berkurang volume semen dari total volume *cementitious material* (Rao et al., 2011).

Strength Activity Index merupakan persentase pertumbuhan kekuatan tekan beton yang dibandingkan dengan kekuatan tekan beton kontrol, dimana ASTM C618 mensyaratkan bahwa kekuatan *compressive strength* yang diperbolehkan harus lebih besar atau sama dengan 75% dari *compressive strength* beton kontrol pada umur hari yang sama.

Superplasticizer merupakan salah satu *admixture* tambahan yang digunakan dalam pembuatan beton mutu tinggi. *Superplasticizer* memiliki sifat-sifat antara lain menghilangkan gaya permukaan pada partikel semen sehingga lebih menyebar, lalu melepaskan air yang terikat pada kelompok partikel semen untuk menghasilkan daya ikat antar partikel yang lebih kuat. Penggunaan *superplasticizer* mampu meningkatkan *flowability* dari campuran beton tanpa harus mengubah kebutuhan *water content* dari campuran tersebut. Tetapi hal ini perlu disertai penggunaan dosis *superplasticizer* yang tepat, karena bila lebih terutama saat keadaan *water content* yang tinggi justru dapat menyebabkan terjadinya ketidakseragaman campuran beton dan akhirnya mengarah ke segregasi (Kwan & Fung, 2013).

3. RANCANGAN PENELITIAN

Rancangan penelitian ini diawali dengan mempersiapkan bahan-bahan dan material. *Fly ash* yang digunakan pada penelitian ini berasal dari SCG Jayamix yang mengambil *fly ash* dari *power plant* PJB di PLTU Paiton dengan rentang waktu pengambilan kurang lebih 1 minggu, dengan menggunakan semen Gresik PPC (*Pozzolan Portland Cement*). Kemudian, dilakukan perhitungan *mix design*. Setelah *mix design*, bahan-bahan yang diperlukan ditimbang. Kemudian air dan *superplasticizer* SIKA Viscocrete 1003 dimasukkan ke dalam campuran lalu diaduk dengan alat bantu bor. Campuran mortar segar diaduk lalu dilakukan pengujian *Mortar Flow Table Test*. Sedangkan, campuran mortar keras diuji kuat tekannya pada umur 3, 7, 14, 28 dan 56 hari. Daftar material yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 1** dan komposisi campuran mortar yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Daftar Material yang Digunakan

Jenis Material	Nama Material
Pasir	Pasir Lumajang
<i>Superplasticizer</i>	Sika ViscoCrete -1003
Semen	Semen Gresik PPC
<i>Fly Ash</i>	<i>Power Plant PJB</i>
	<i>Power Plant YTL</i>

Tabel 2. Komposisi Campuran Mortar

Kadar FA (%)	<i>Fly Ash</i> (gram)	Pasir (gram)	Semen (gram)	Air (gram)
10%	30	600	270	90
20%	60	600	240	90
30%	90	600	210	90
40%	120	600	180	90
50%	150	600	150	90
60%	180	600	120	90

4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian dan Analisa Sampel *Fly Ash*

Pengujian *Fineness* dilakukan dengan menggunakan ayakan 45 μm . Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kehalusan dari sampel *fly ash*. Keleccakan pada beton dipengaruhi bentuk butiran *fly ash* karena semakin halus dan bulat butiran *fly ash* membuat *workability* pada campuran beton meningkat. **Tabel 3** menunjukkan hasil ayakan dari sampel *fly ash*. **Tabel 3** menunjukkan sampel *fly ash* yang ada sangat halus, karena melebihi standar lolos ayakan dari ASTM C618-03 yaitu 66%.

Pengujian XRF ini bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral yang terkandung dalam suatu *fly ash*. Sampel yang dianalisa adalah sampel *fly ash* dengan perbandingan pH yang ekstrim. pH sampel *fly ash* yang diujikan adalah 11.8, 11.6, 10.4. Hasil kandungan kimia yang terkandung dalam *fly ash* tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4**. Dari **Tabel 4** menunjukkan *fly ash* IV memiliki kadar CaO tertinggi yaitu 20.42% dan MgO 7.95%, *fly ash* II memiliki kadar SiO₂ tertinggi yaitu 43.74%, *fly ash* III Al₂O₃ tertinggi yaitu 29.74%. *Fly ash* dengan nilai pH yang tinggi memiliki kecenderungan memiliki kandungan mineral CaO yang tinggi pula. Kandungan Ca dalam *fly ash* merupakan indikator terbaik bagaimana *fly ash* akan bekerja pada campuran beton.

Pengujian *Loss on Ignition* (LOI) bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon yang terkandung dalam sampel *fly ash*. Sifat karbon adalah menyerap air, maka semakin tinggi kadar karbon pada sampel *fly ash* maka akan semakin banyak menyerap air dan membuat campuran mortar menjadi kering. **Tabel 5** menunjukkan kadar karbon dari masing-masing *fly ash*.

Tabel 3. Persentase Lolos Ayakan 45 μm dari Sampel *Fly Ash*.

<i>Fly Ash</i>	Persentase lolos (%)
I	84
II	88
III	76
IV	88
V	80
VI	84
VII	84
VIII	88
IX	92
X	88

Tabel 4. Kandungan dari Sampel *Fly Ash* yang diuji.

Component	<i>Fly ash II</i> pH 11.6	<i>Fly ash III</i> pH 10.4	<i>Fly ash IV</i> pH 11.8	<i>Fly ash V</i> pH 10.4
CaO	9.40	13.30	20.42	11.19
SiO ₂	43.74	43.36	32.47	42.26
Al ₂ O ₃	22.03	29.74	14.92	24.43
Fe ₂ O ₃	14.68	7.33	16.50	12.91
K ₂ O	1.55	0.42	1.32	0.80
MgO	4.33	1.80	7.95	3.69
SO ₃	0.53	0.40	1.88	0.91
Mn ₂ O ₃	0.15	0.14	0.18	0.24
TiO ₂	1.28	1.00	0.71	1.01
Cr ₂ O ₃	0.14	0.01	0.14	0.01
Na ₂ O	1.56	1.88	2.92	1.85
LOI	0.40	3.90	1.44	0.63
% retain in 45µm sieve	12.00	24.00	12.00	20.00

Tabel 5. Kadar Karbon pada Sampel *Fly Ash* yang diuji.

Tipe FA	FA II	FA III	FA IV	FA V
LOI (%)	0.80	0.60	0.43	0.44

Pengujian dan Analisa Sifat Mortar Segar

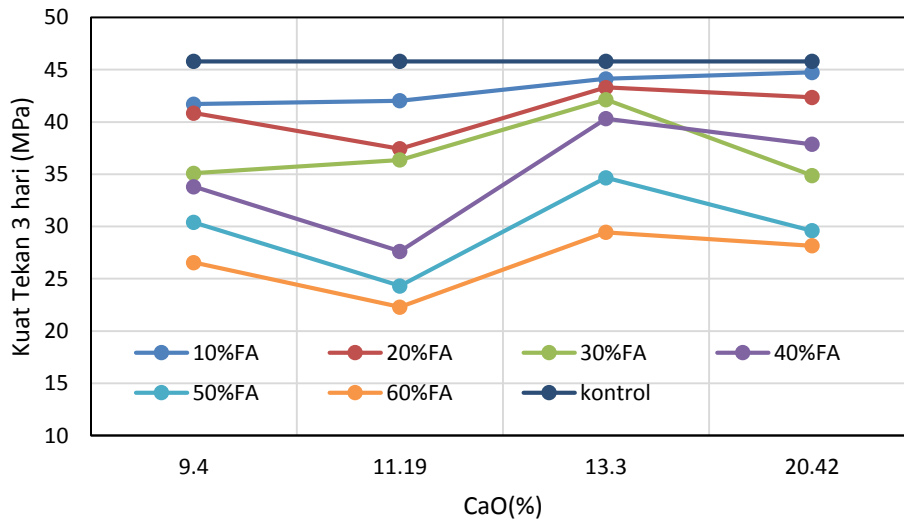
Pengujian mortar *flow* bertujuan untuk mengetahui tingkat kelumeran dari suatu campuran mortar. Beton yang lumer akan memiliki nilai *flow* yang lebih besar. Proses pengujian dilakukan dengan menyiapkan campuran dengan perbandingan 1:2 (300 gram *cementitious material* dan 600 gram pasir). Pembuatan campuran dilakukan dengan dengan ($W/Cementitious\ material$) = 0.3 kemudian ditambahkan SP dengan target *flow* 14±2cm. Sampel mortar yang telah siap dimasukkan dalam *mold*, lalu diketuk sebanyak 25 kali. Hasil pengujian *mortar flow* dapat dilihat pada **Tabel 6**. Pada **Tabel 6** dapat dilihat bahwa, FA dengan kadar karbon yang lebih besar cenderung memiliki *flow* yang lebih kecil, karena sifat karbon yang menyerap air sehingga dapat membuat campuran menjadi kering. Kadar karbon yang dimiliki masing-masing *fly ash* tidak terlalu berbeda jauh, maka tren pengaruh jumlah kadar karbon tidak terlalu jelas terlihat.

Tabel 6. Hasil *Flow Table Test*.

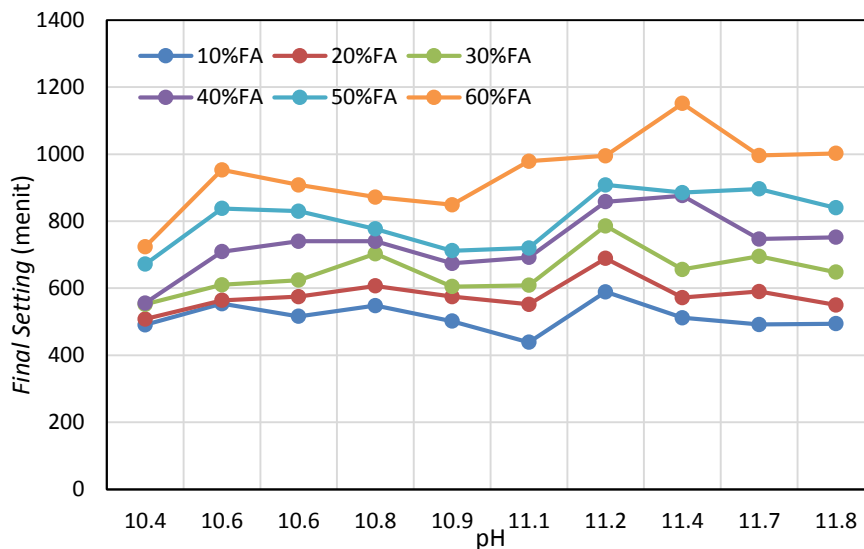
%FA	FA I		FA II		FA III		FA IV		FA V	
	% SP	<i>Flow</i> (cm)	% SP	<i>Flow</i> (cm)	% SP	<i>Flow</i> (cm)	% SP	<i>Flow</i> (cm)	% SP	<i>Flow</i> (cm)
10	2.00	13.4	2.00	12.7	2.00	13.0	2.00	13.0	2.00	12.0
20	1.25	14.3	1.50	13.5	1.50	13.6	1.50	13.4	1.50	12.2
30	0.50	14.0	1.00	14.0	1.00	13.8	1.25	14.0	1.25	13.2
40	0.17	14.8	0.75	14.2	1.00	14.0	1.00	13.8	1.00	13.5
50	0.17	14.2	0.33	14.5	0.33	14.8	0.33	14.8	0.33	14.8
60	0.08	14.5	0.17	14.5	0.17	14.8	0.17	15.0	0.17	15.0

%FA	FA VI		FA VII		FA VIII		FA IX		FA X	
	% SP	<i>Flow</i> (cm)	% SP	<i>Flow</i> (cm)	% SP	<i>Flow</i> (cm)	% SP	<i>Flow</i> (cm)	% SP	<i>Flow</i> (cm)
10	2.00	12.0	2.00	14.0	2.00	14.9	2.00	14.5	2.00	14.5
20	1.50	12.5	1.50	13.7	1.50	14.5	1.50	14.0	1.50	14.0
30	1.00	13.2	1.00	14.0	1.00	14.0	1.00	14.4	1.00	14.6
40	0.50	13.2	0.50	14.7	0.50	14.8	0.50	14.8	0.50	14.7
50	0.33	14.0	0.33	14.8	0.33	15.0	0.33	15.2	0.33	15.2
60	0.17	14.5	0.17	16.0	0.17	15.8	0.17	15.6	0.17	16.0

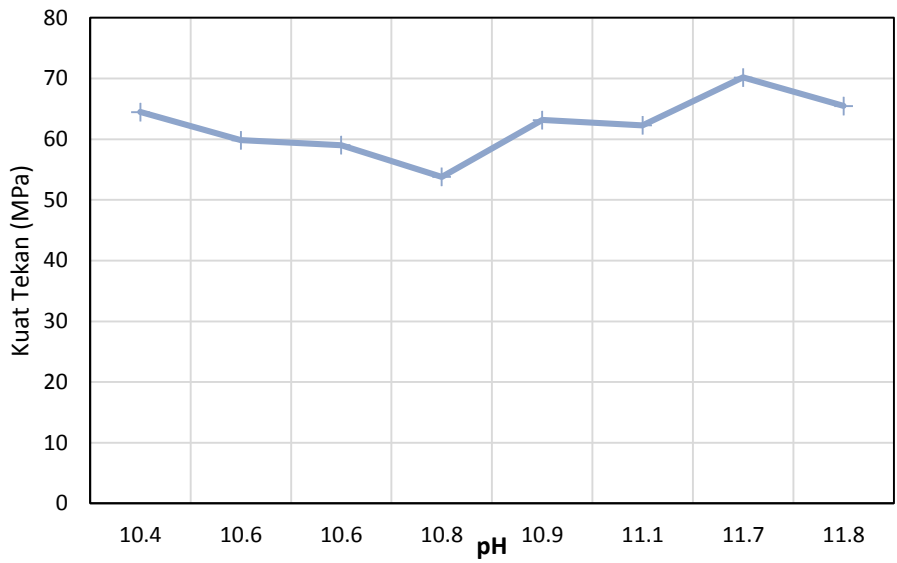
Grafik tren kuat tekan pada umur 3 hari dan kadar CaO dalam *fly ash* dapat dilihat pada **Gambar 1**. Grafik tren perbandingan pH dan *final setting time* dapat dilihat pada **Gambar 2**. Grafik tren kuat tekan optimum campuran pada umur 56 hari dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 1. Grafik Tren Kuat Tekan pada Umur 3 dan Kadar Cao dalam *Fly Ash*.

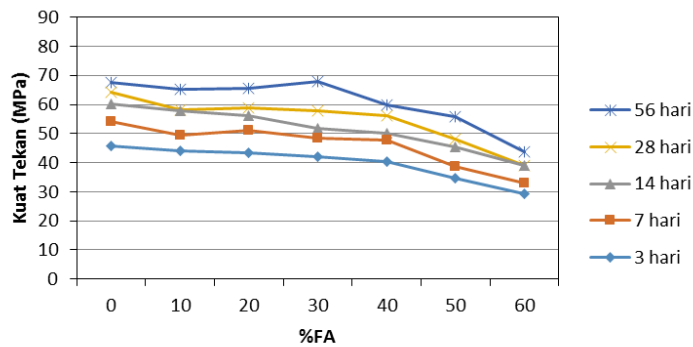


Gambar 2. Grafik Tren Perbandingan PH dan *Setting Time*.

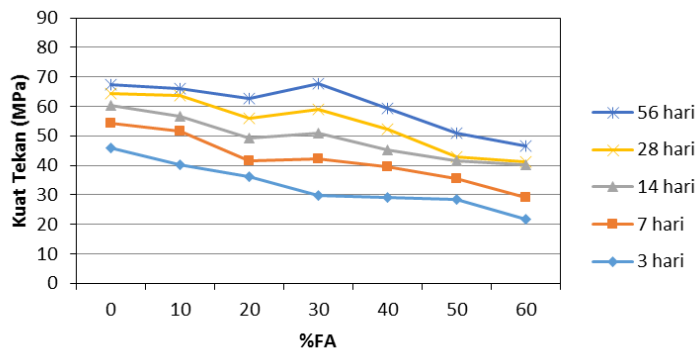


Gambar 3. Grafik Tren Kuat Tekan Rata-Rata dengan Campuran 20-40% Fly Ash (Kuat Tekan Optimum) pada Umur 56 Hari dan Nilai Ph dalam Fly Ash.

Hasil tes kuat tekan pada umur 3, 7, 14, 28, dan 56 hari untuk fly ash I dan fly ash III dapat dilihat pada Gambar 4.



(a)

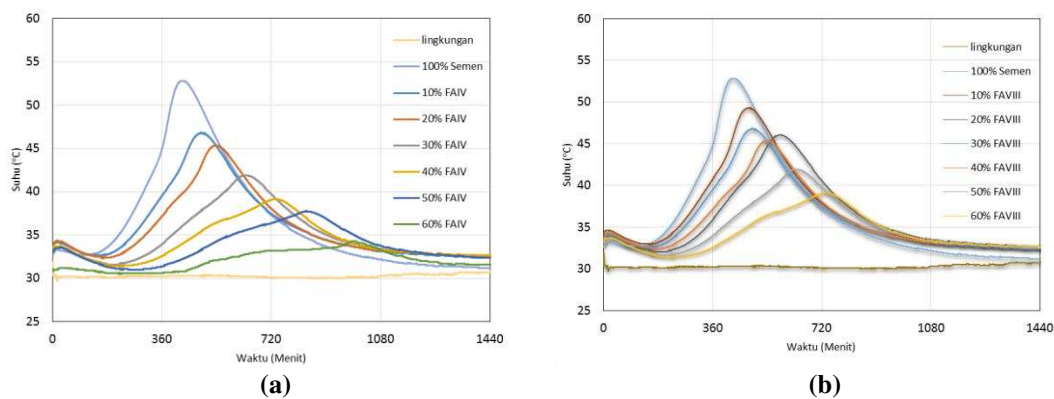


(b)

Gambar 4. Grafik Hasil Kuat Tekan Campuran Fly Ash dengan Umur dan Penggantian Fly Ash yang Berbeda (A) FA I (B) FA II

Dari **Gambar 1** bisa disimpulkan bahwa tidak terdapat tren kenaikan antara kadar kandungan CaO dalam *fly ash* dengan kuat tekan awal pada beton. Dari **Gambar 2** dapat terlihat bahwa tidak ada tren pertambahan waktu *final setting* dengan bertambahnya nilai pH dari suatu *fly ash*. Dari **Gambar 3** bisa dilihat bahwa tidak adanya tren hubungan antara nilai pH dengan kuat tekan mortar yang dihasilkan. Pada nilai pH 10,8 dapat dilihat bahwa terdapat penurunan kuat tekan yang paling drastis. Kemungkinan hal ini bisa disebabkan oleh kandungan mineral yang terdapat pada *fly ash* tersebut kurang baik untuk pembuatan mortar atau beton, misalnya kandungan CaO yang rendah.

Pencatatan temperatur pasta menggunakan alat *data logger*. Temperatur yang terbaca pada alat dapat digunakan untuk mengetahui *initial setting time* dan *final setting time* dengan tepat. *Initial setting time* berada pada saat posisi 50% sebelum mencapai kurva puncak, sedangkan untuk *final setting time* berada pada saat puncak kurva tersebut. Hasil temperatur masing-masing campuran dapat dilihat pada **Gambar 5**. *Initial setting time* dan *final setting time* dari masing-masing campuran dapat dilihat pada **Tabel 7**.



Gambar 5. Grafik Hasil Setting Time (a) FA IV (b) FA VIII

Tabel 7. Hasil Analisa Initial dan Final Setting Time

%FA	FA I		FA II		FA III		FA IV		FA V	
	Initial Setting (menit)	Final Setting (menit)	Initial Setting (menit)	Final Setting (menit)	Initial Setting (menit)	Final Setting (menit)	Initial Setting (menit)	Final Setting (menit)	Initial Setting (menit)	Final Setting (menit)
0%	278	436	278	436	278	436	278	436	278	436
10%	326	502	281	439	324	491	332	494	377	554
20%	371	575	370	552	334	508	372	550	392	564
30%	404	605	429	609	360	552	442	648	410	610
40%	484	674	484	692	376	556	494	752	474	709
50%	492	712	497	720	436	672	570	840	561	838
60%	607	849	690	979	509	724	685	1002	656	953

%FA	FA I		FA II		FA III		FA IV		FA V	
	Initial Setting (menit)	Final Setting (menit)	Initial Setting (menit)	Final Setting (menit)	Initial Setting (menit)	Final Setting (menit)	Initial Setting (menit)	Final Setting (menit)	Initial Setting (menit)	Final Setting (menit)
0%	278	436	278	436	278	436	278	436	278	436
10%	369	548	346	516	333	492	343	512	392	589
20%	400	607	371	575	402	590	380	572	461	689
30%	454	703	411	624	462	695	448	656	530	786
40%	481	740	481	740	518	747	590	876	568	858
50%	535	777	561	830	621	896	600	885	624	908
60%	572	872	624	908	694	996	782	1151	696	995

5. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Perbedaan waktu pengambilan *fly ash* berpengaruh terhadap kualitas dari masing – masing *fly ash*, yang meliputi perbedaan nilai pH, kadar karbon (LOI), dan kandungan mineral yang terdapat dalam *fly ash* tersebut.
2. Penggunaan *superplasticizer* ke dalam campuran mortar meningkatkan *flowability* campuran mortar tersebut. *Fly ash* dengan kadar karbon yang lebih tinggi, cenderung memiliki *flowdiameter* yang lebih rendah.
3. Dari hasil pengamatan suhu campuran pasta dengan menggunakan *data logger* didapatkan *initial setting* dan *final setting*. Semakin banyak jumlah semen dalam campuran maka suhu puncak akan lebih tinggi, sementara waktu *initial* dan *final setting* akan lebih cepat dibandingkan campuran pasta dengan kadar semen yang lebih sedikit. Dari hasil *data logger* yang kami lakukan, kami belum bisa mengetahui faktor lain yang menyebabkan perbedaan suhu puncak dari masing – masing campuran mortar HVFA yang kami buat.
4. Dari hasil analisa kuat tekan mortar HVFA, dapat disimpulkan pada umur 56 hari mortar dengan kuat tekan tertinggi berkisar 20-40% campuran *fly ash*, jika kadar *fly ash* melebihi 40% maka *strength* akan mulai mengalami penurunan (tidak optimum).
5. Dari hasil penelitian kami tidak ada tren hubungan antara kuat tekan dengan pH
6. Dari hasil penelitian kami tidak ada tren hubungan antara kuat tekan awal dengan kadar CaO dalam *fly ash*.
7. Dari hasil penelitian kami tidak ada tren hubungan antara pH dan *flow diameter*.
8. Dari hasil penelitian kami tidak ada tren hubungan antara *final setting* dengan pH.

SARAN

1. Untuk peneliti selanjutnya, kami menyarankan untuk meneliti faktor yang mempengaruhi suhu puncak dari masing – masing *fly ash*.
2. Kami menyarankan untuk meneliti pengaruh faktor mineral MgO, Al₂O₃ yang terkandung dalam *fly ash*.

6. DAFTAR REFERENSI

- Antoni, Gunawan, R., dan Hardjito, D. (2015). Rapid Indicators in Detecting Variation of Fly Ash for Making HVFA Concrete. *Applied Mechanics and Materials*, 815, 153-157.
- Rao, C.P., Stehly, R.D.P., dan Ardani, A.P. (2011). *Handbook for Proportioning Fly Ash as Cementitious Material in Airfield Pavement Concrete Mixtures*. Innovative Pavement Research Foundation. Report IPRF-01-G-002-06-2. Skokie.
- Ekaputri, J. J., Priadana, K. A., Susanto, T. E., & Junaedi, S. (2013). Physico-chemical characterization of fly ash. *World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics, Jeju, Korea*, 2988–2996.
- Kwan, K. H., & Fung, W. W. S. (2013). Effects of SP on flowability and cohesiveness of cement-sand mortar. *Construction and Building Materials*, 48, 1050–1057.
- Nugraha, P., dan Antoni. (2004). *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: C.V. Andi Offset.