

PENGARUH KOMBINASI SEMEN-FLY ASH DAN VARIASI WATER CONTENT DENGAN PENAMBAHAN SUPERPLASTICIZER TERHADAP KEPADATAN PASTA

Dewanti Ratna Paramitha¹, Lydia Yuniarti Meok², Djwantoro Hardjito³, Antoni⁴

ABSTRAK: Penambahan *fly ash* dapat meningkatkan *workability* dan mengurangi kebutuhan air campuran. Kuat tekan dan kepadatan pasta dapat berkurang akibat tingginya *w/c* yang digunakan, tetapi *w/c* yang rendah dapat menyebabkan berkurangnya *workability*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kombinasi semen-*fly ash* dan variasi *w/c* dengan penambahan *superplasticizer* untuk mendapatkan kepadatan maksimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak *fly ash* maka semakin sedikit *superplasticizer* yang dibutuhkan untuk mencampur pasta tersebut. *W/c* yang semakin rendah akan menghasilkan berat volume yang semakin besar hingga mencapai titik optimum saat penambahan *superplasticizer* maksimum 2% dari berat semen-*fly ash*. Penambahan *fly ash* pada pasta dengan *w/c* tinggi tidak terlalu berkontribusi pada berat volume jika dibandingkan pasta dengan semen saja pada kandungan *w/c* yang sama. Selain itu, berat volume pasta yang semakin besar cenderung akan menghasilkan kuat tekan yang semakin besar pula. Beberapa benda uji dengan *w/c* kurang dari 0,2 dengan tambahan *superplasticizer* tidak mengalami peningkatan kuat tekan yang signifikan pada umur 28 hari.

KATA KUNCI: semen, *fly ash*, *cementitious material*, *w/c*, *superplasticizer*, pasta, kepadatan, kuat tekan

1. PENDAHULUAN

Komposisi semen yang optimal memungkinkan untuk mendapatkan kekuatan beton yang tinggi, tetapi penggunaan semen yang berlebihan dapat menyebabkan meningkatnya susut dan retak. *Cementitious material* yang baik digunakan sebagai pengganti sebagian atau seluruh semen adalah *fly ash* karena partikel *fly ash* yang bulat dan mempunyai tingkat kehalusan yang hampir sama dengan semen sehingga dapat meningkatkan *workability* dan mengurangi kebutuhan air campuran.

Penggantian sebagian semen dengan *fly ash* dapat mengurangi porositas yang terjadi pada beton (Pangdaeng, Phoo-ngernkham, Sata, & Chindaprasirt, 2014). Menurut Neville & Brooks (1987), adanya rongga pada beton dapat mengurangi kepadatan dan hal ini sangat berpengaruh terhadap penurunan kuat tekan yang terjadi. Kuat tekan yang terjadi dapat berkurang karena tingginya *w/c* yang digunakan (Schulze, 1999), sedangkan kepadatan dan kekompakan antar partikel bertambah seiring dengan berkurangnya *w/c* (Živica, 2009). Menurut Felekoğlu, Türkel, & Baradan (2007), pengurangan kadar air sambil memperbanyak dosis *superplasticizer* membuat campuran menjadi lebih kental namun meningkatkan *workability* walaupun dengan *w/c* yang rendah.

Pada penelitian ini akan diteliti kombinasi penggunaan *fly ash* dan *superplasticizer* pada pasta. Selain itu dalam penelitian ini juga ingin mengevaluasi kepadatan maksimum dari suatu pasta dengan variasi komposisi/perbandingan antara semen dan *fly ash*, serta dosis *superplasticizer*, dengan *w/c* serendah mungkin, karena *w/c* yang rendah dapat membuat campuran menjadi lebih padat (Živica, 2009).

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

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

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

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

2. STUDI LITERATUR

2.1. Fly Ash

Menurut Nugraha & Antoni (2007), penggunaan *fly ash* dalam campuran beton memiliki berbagai keunggulan, yaitu pada beton segar dapat mengurangi terjadinya *bleeding* dan segregasi serta meningkatkan *workability* karena bentuk partikelnya yang bulat dan halus. Keunggulan lain dari *fly ash* adalah mengurangi kebutuhan air dan menjadi pelumas pergerakan adonan beton. Pengaruh *fly ash* yang berbentuk bulat akan berakibat pada penggunaan air yang rendah ini dinamakan *ball-bearing effect* (Neville, 2011).

2.2. Superplasticizer

Superplasticizer adalah salah satu jenis *admixture* yang berfungsi untuk mengurangi sejumlah besar pemakaian air pada beton, meningkatkan kelecakan beton serta untuk meningkatkan mutu beton terutama pada beton mutu tinggi (Lisantonu & Hehanussa, 2009). Pengaruh *superplasticizer* pada beton segar sangat bergantung pada dosisnya. Dosis yang sangat sedikit tidak akan berdampak pada *rheology* beton itu sendiri, sedangkan jika dosisnya kebanyakan akan menyebabkan *bleeding* dan segregasi serta *setting time* yang lama (Yamada, Ogawa, & Hanehara, 2001).

2.3. Kepadatan

Dengan mengombinasikan beberapa jenis *cementitious material* dalam jumlah yang tepat, partikel berukuran medium akan mengisi rongga antara partikel berukuran besar dan partikel berukuran kecil akan mengisi rongga antara partikel berukuran sedang dan sebagainya. Oleh karena itu, kombinasi *cementitious material* dengan ukuran yang berbeda dapat meningkatkan *packing density* dari *cementitious material* dan mengurangi kebutuhan air. Selain itu, dengan *particle packing* yang baik akan mengurangi permeabilitas dan porositas serta akan meningkatkan kekuatan beton itu sendiri (Wong & Kwan, 2005).

3. RANCANGAN PENELITIAN

Rancangan penelitian ini diawali dengan mempersiapkan bahan dan material yang akan digunakan seperti semen, *fly ash*, *superplasticizer*, air mineral, cetakan kubus ukuran 5x5x5 cm³, bor, timbangan elektrik, alat penggetar, alat *compression test*, *flow table* dan peralatan tambahan seperti ember, kapi, cetok, gelas ukur, dan plastisin. Dilakukan pengujian *specific gravity* (GS), *X-Ray fluorescence* (XRF) dan *particle size analysis* (PSA) pada semen dan *fly ash* yang digunakan.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan *mix design* perbandingan campuran pasta semen dan atau semen dan *fly ash*. *Mix design* dapat dilihat pada **Tabel 1**. W/c merupakan persentase perbandingan air dengan berat total semen dan atau semen dan *fly ash* yang digunakan. Pemberian *superplasticizer* antara 0%-2% dari jumlah semen dan *fly ash*. Selanjutnya, bahan-bahan yang diperlukan ditimbang sesuai kebutuhan. Air mineral ditambahkan ke dalam *mix design* sesuai dengan w/c yang sudah ditentukan dan diaduk menggunakan bor hingga tercampur merata. Untuk campuran dengan w/c rendah diperlukan penambahan *superplasticizer* agar pasta dapat dikerjakan. *Superplasticizer* ditambahkan sedikit demi sedikit hingga pasta dapat tercampur secara homogen. Kebutuhan *superplasticizer* diperoleh dari selisih antara berat awal sebelum dan berat akhir sesudah ditambahkan ke dalam campuran. *Flow table* diukur sebelum pasta dicetak dalam bekisting. Campuran pasta yang telah dicetak dalam bekisting kemudian dipadatkan dengan menggunakan meja penggetar. Bekisting dibuka setelah pasta dibiarkan selama 24 jam dan dilakukan proses *curing* dengan cara merendam benda uji ke dalam air. Selanjutnya, benda uji dikeluarkan sehari sebelum dilakukan pengujian kuat tekan untuk dilakukan pengukuran berat dan volume. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 dan 28 hari.

Tabel 1. Mix Design

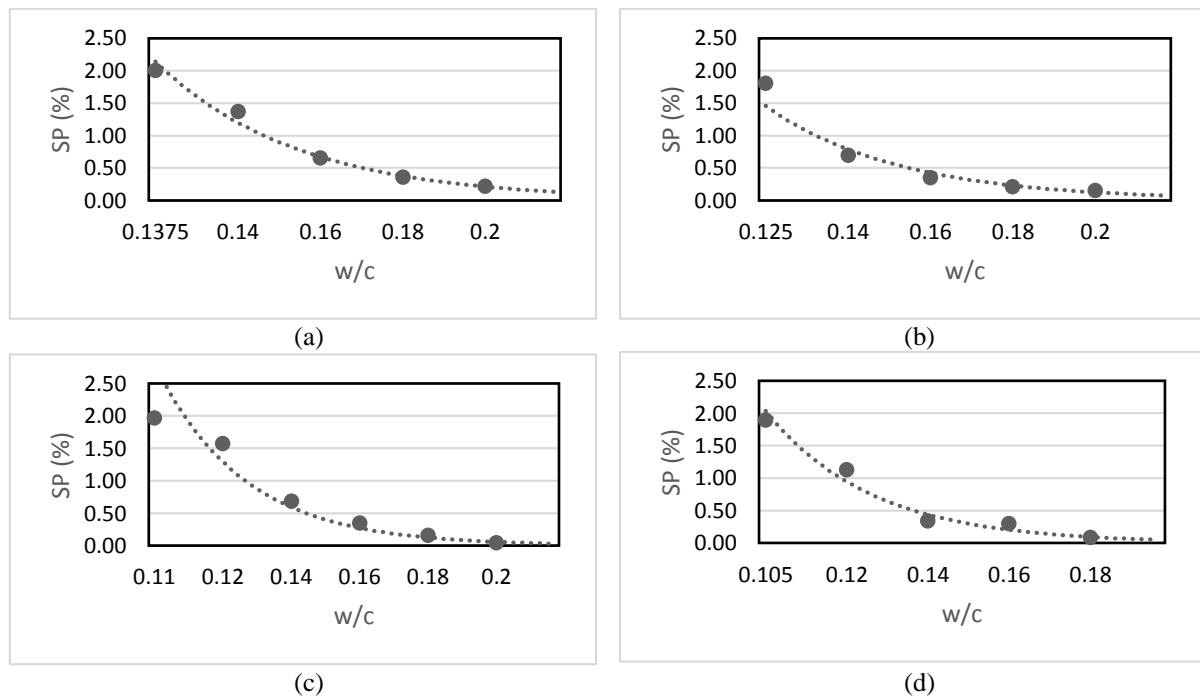
Semen (%)	Fly Ash (%)	w/c	Superplasticizer (%)
100	0	0,4 - minimum	0-2%
85	15	0,4 - minimum	0-2%
70	30	0,4 - minimum	0-2%
50	50	0,4 - minimum	0-2%

4. HASIL DAN ANALISA DATA

4.1. Analisa Kebutuhan Superplasticizer

Pasta dengan w/c yang rendah memerlukan tambahan *superplasticizer* sehingga pasta dapat tercampur dengan baik. Penambahan *superplasticizer* dilakukan sedikit demi sedikit sambil terus dievaluasi *workability* pasta yang sedang dicampur. Jumlah *superplasticizer* yang digunakan tidak lebih dari 2% dari total jumlah semen dan *fly ash*. *Superplasticizer* berhenti ditambahkan apabila semua material dapat tercampur dengan homogen. Kebutuhan *superplasticizer* didapat dari selisih antara berat sebelum dengan setelah ditambahkan ke dalam pasta. **Gambar 1** menunjukkan nilai kebutuhan *superplasticizer* untuk masing-masing variasi pasta.

Untuk variasi pasta 100% semen, 85% semen + 15% *fly ash*, 70% semen + 30% *fly ash* *superplasticizer* mulai dibutuhkan sejak w/c 0,2%. Sedangkan untuk variasi 50% semen + 50% *fly ash* *superplasticizer* mulai diperlukan sejak w/c 0,18%. Berdasarkan **Gambar 1** pasta 100% semen memerlukan jumlah *superplasticizer* lebih banyak daripada variasi lainnya. Semakin banyak *fly ash* maka semakin sedikit *superplasticizer* yang dibutuhkan. Karena bentuk partikel yang bulat, *fly ash* dapat menjadi pelumas pergerakan adonan pasta (*ball-bearing effect*).

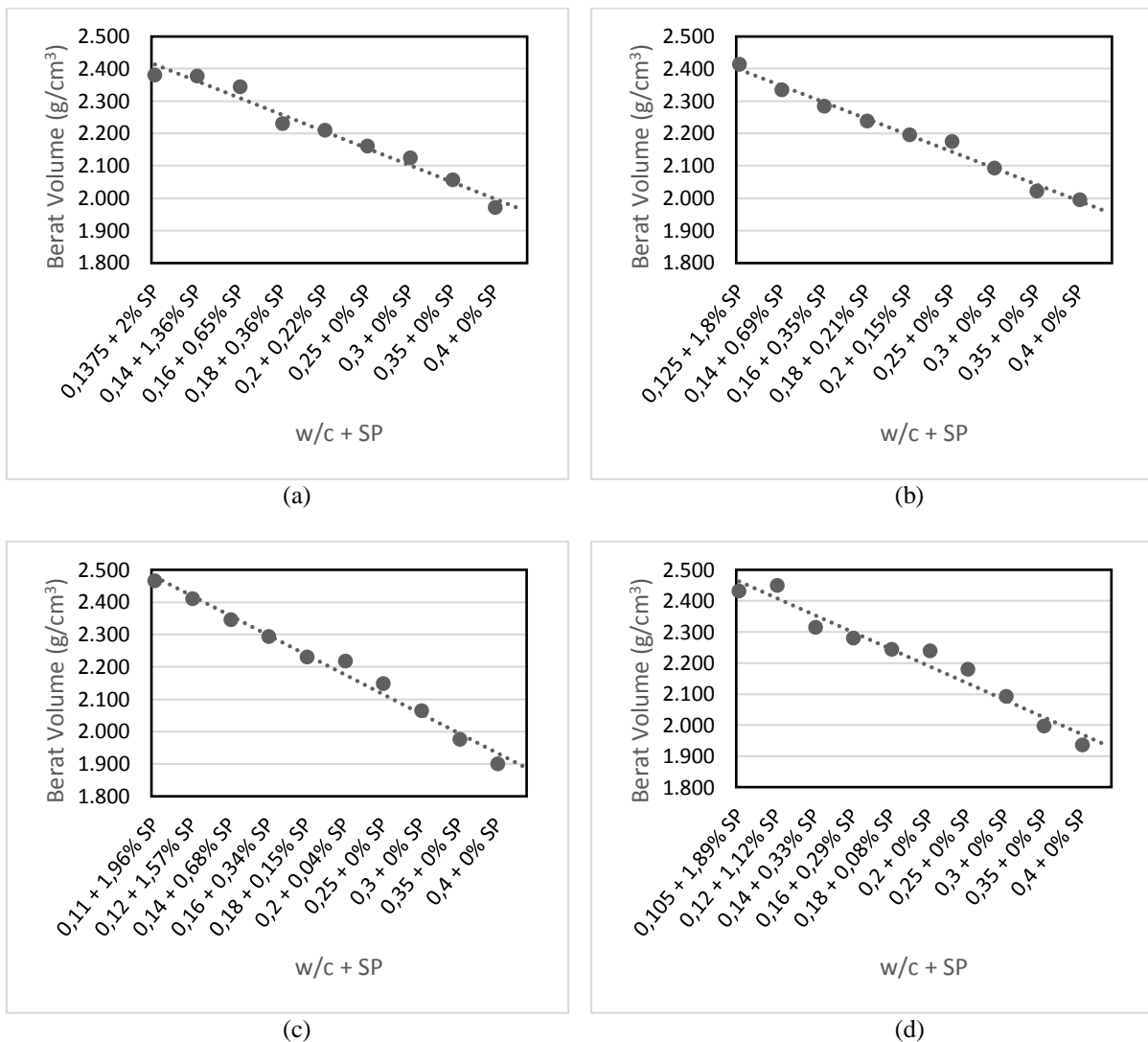


Gambar 1. Kebutuhan Superplasticizer Variasi Pasta 100% Semen (a), 85% Semen + 15% Fly Ash (b), 70% Semen + 30% Fly Ash (c) dan 50% Semen + 50% Fly Ash (d)

4.2. Analisa Kepadatan

Pengukuran berat volume dilakukan 1 hari sebelum pengujian kuat tekan. Pasta yang telah di-curing lalu dilap permukaannya (dalam keadaan SSD) dan diukur berat volumenya. Hasil pengukuran berat volume yang ditunjukkan pada **Gambar 2** adalah rata-rata dari dua pengukuran yaitu saat pasta berumur 6 hari dan 27 hari.

Kandungan w/c yang semakin kecil menghasilkan pasta yang semakin padat untuk setiap variasi pasta semen dan *fly ash*. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**, penambahan *fly ash* pada pasta w/c tinggi tidak terlalu berkontribusi pada berat volume jika dibandingkan dengan pasta dengan semen saja pada kandungan w/c yang sama.



Gambar 2. Berat Volume Variasi Pasta 100% Semen (a), 85% Semen + 15% Fly Ash (b), 70% Semen + 30% Fly Ash (c) dan 50% Semen + 50% Fly Ash (d)

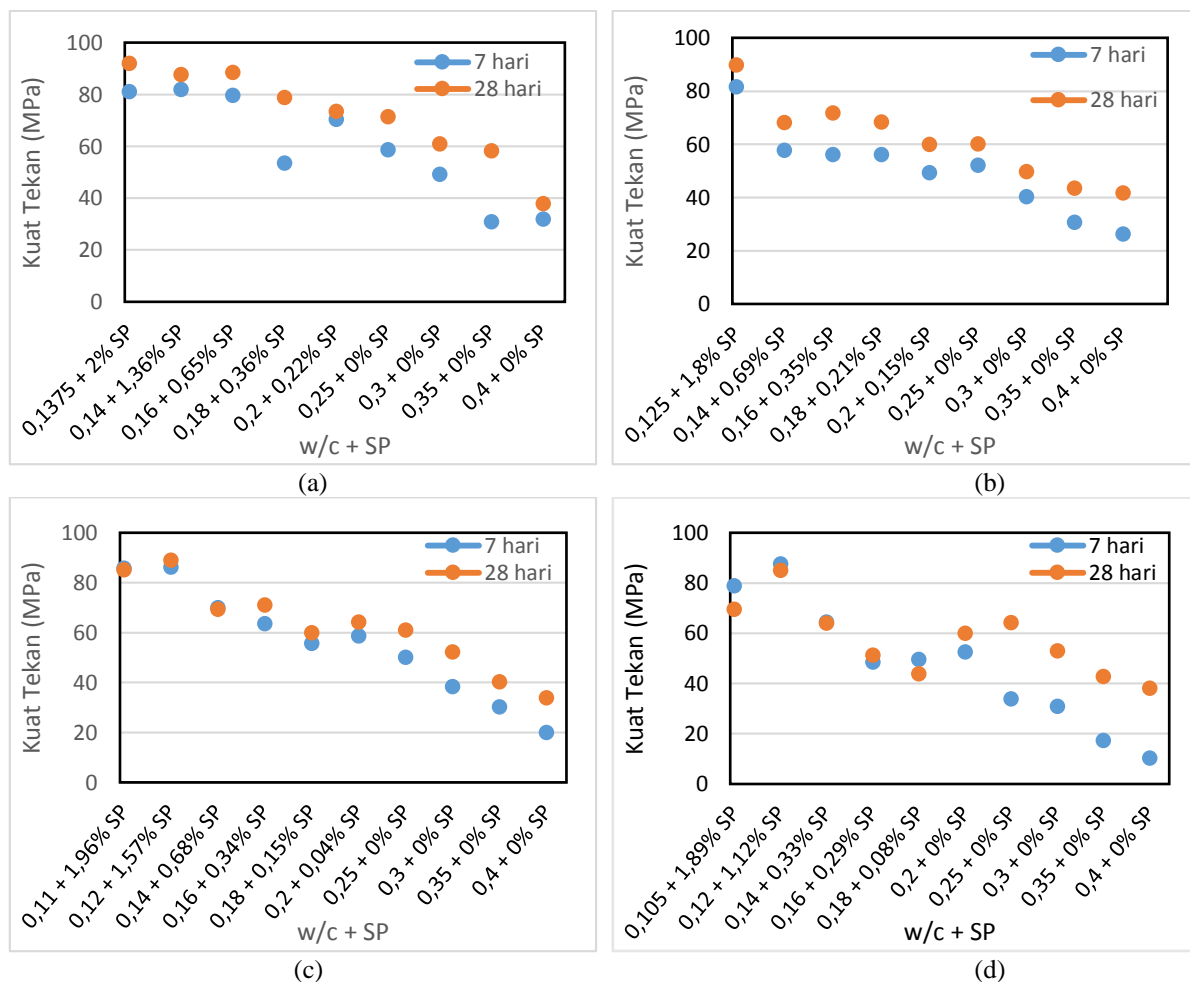
4.3. Analisa Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat pasta berumur 7 dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan ditunjukkan pada **Gambar 3**. Kandungan w/c mempengaruhi kuat tekan yang dihasilkan. Semakin

tinggi w/c maka kuat tekan yang dihasilkan semakin kecil. Namun, saat campuran kekurangan air, campuran tidak bisa dikerjakan karena pasta memerlukan air yang cukup untuk reaksi hidrasinya.

Dari **Gambar 3** terlihat bahwa pasta variasi 100% semen menghasilkan kuat tekan tertinggi dibandingkan variasi yang lain. Sedangkan untuk variasi 50% semen + 50% *fly ash* cenderung menghasilkan nilai kuat tekan paling kecil dibandingkan variasi yang lain. Pasta dengan semen saja memiliki kuat tekan yang lebih tinggi daripada pasta dengan penambahan *fly ash*.

Beberapa benda uji w/c rendah dengan tambahan *superplasticizer* tidak mengalami peningkatan kuat tekan yang signifikan pada umur 28 hari. Bahkan pada beberapa variasi, terjadi penurunan kuat tekan pada umur 28 hari. Untuk itu, tidak disarankan untuk membuat pasta dengan w/c diluar proporsi normal. Meskipun dalam penelitian ini tidak dilakukan pengujian *setting time*, namun saat pasta diberi *superplasticizer* yang berlebihan akan menyebabkan *setting time* yang lama bahkan pasta tidak bisa *setting*, hal tersebut akan berdampak pada kekuatan akhir pasta tersebut.

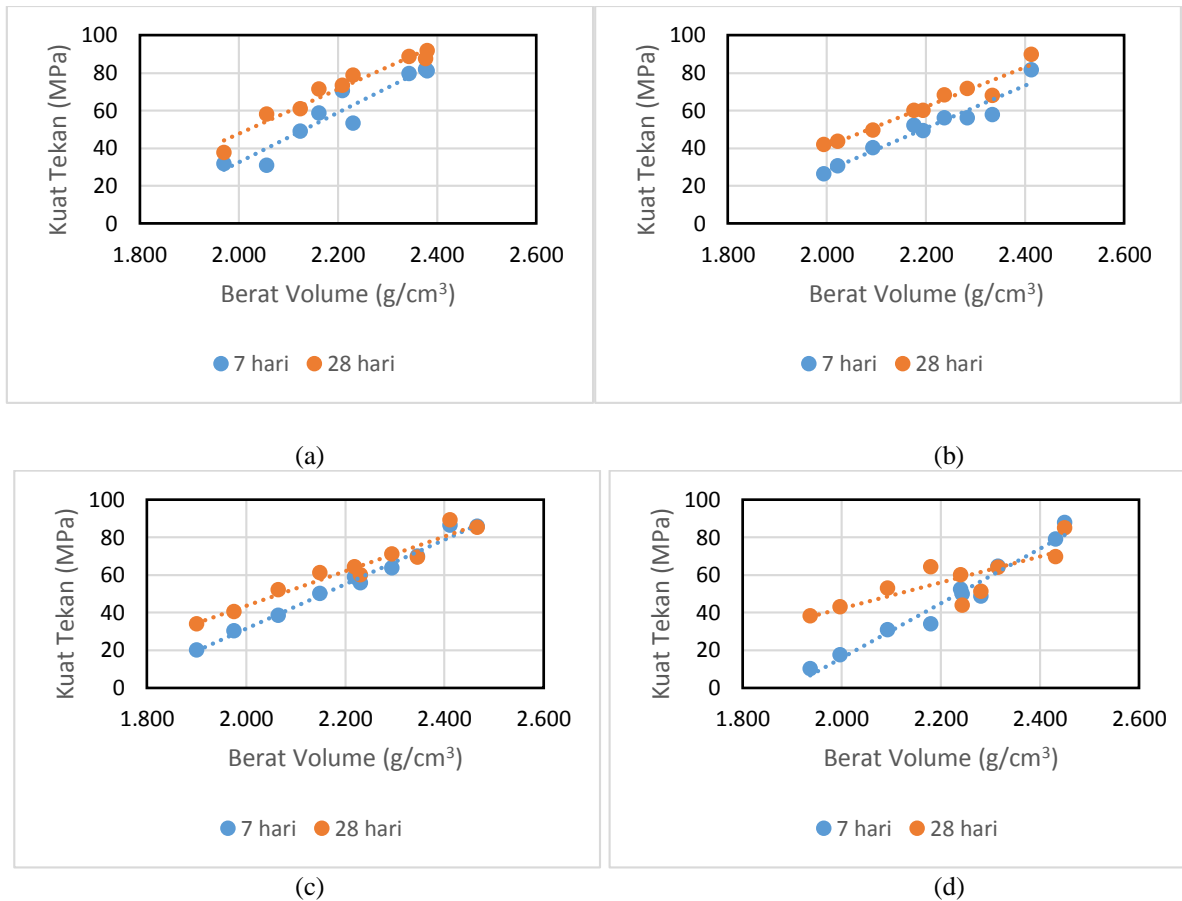


Gambar 3. Kuat Tekan Variasi Pasta 100% Semen (a), 85% Semen + 15% Fly Ash (b), 70% Semen + 30% Fly Ash (c) dan 50% Semen + 50% Fly Ash (d)

4.4. Analisa Hubungan antara Kepadatan dengan Kuat Tekan

Kepadatan pasta erat kaitannya dengan kuat tekan yang dihasilkan. Pasta yang semakin padat menunjukkan bahwa udara yang terjebak didalamnya semakin sedikit. Semakin rapatnya suatu pasta,

maka kuat tekan semakin besar. Hubungan antara kepadatan dengan kuat tekan ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Perbandingan Berat Volume dengan Kuat Tekan Variasi Pasta 100% Semen (a), 85% Semen + 15% Fly Ash (b), 70% Semen + 30% Fly Ash (c) dan 50% Semen + 50% Fly Ash (d)

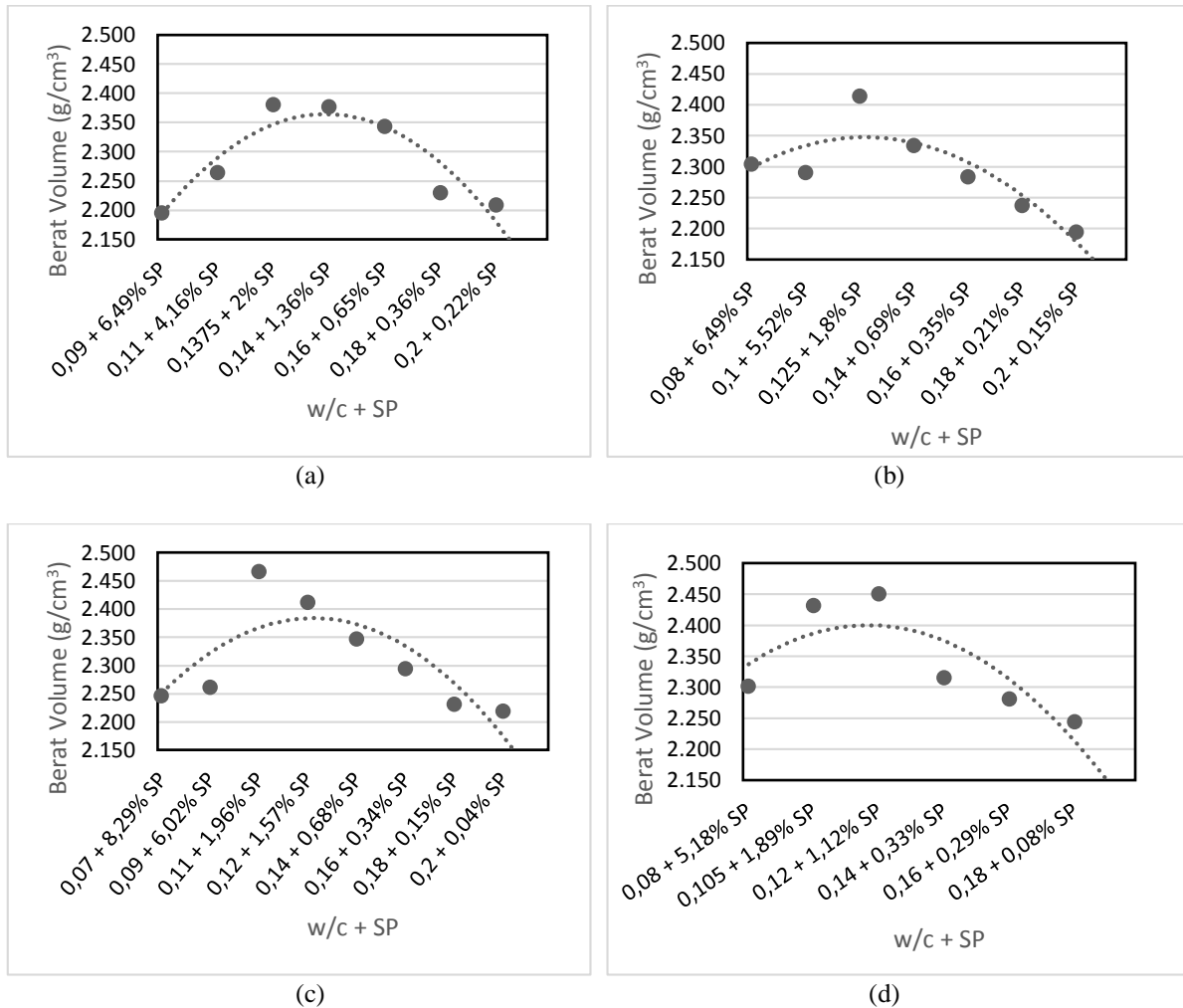
4.5. Analisa Pasta w/c Rendah dengan *Superplasticizer* > 2%

Pasta dengan *superplasticizer* lebih dari 2% saat berumur 1 hari, menunjukkan adanya air pada permukaan pasta (*bleeding*). Butuh waktu 6 hari agar pasta cukup keras untuk ditimbang berat dan volume. Nilai berat volume pasta w/c rendah dengan *superplasticizer* > 2% ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Berat Volume Pasta dengan *Superplasticizer* > 2%

Variasi	Air (%)	<i>Superplasticizer</i> (%)	Berat Volume (g/cm³)
100% Semen	0,11	4,16	2,264
	0,09	6,49	2,195
85% Semen + 15% Fly ash	0,10	5,52	2,291
	0,08	6,49	2,304
70% Semen + 30% Fly ash	0,09	6,02	2,261
	0,07	8,29	2,246
50% Semen + 50% Fly ash	0,08	5,18	2,301

Selanjutnya nilai berat volume pasta w/c rendah dengan *superplasticizer* > 2% dibandingkan dengan nilai berat volume pasta yang diberi tambahan *superplasticizer* untuk dilihat titik optimum untuk masing-masing variasi. Hasilnya ditunjukkan pada **Gambar 5**. Untuk setiap variasi, pasta dengan *superplasticizer* > 2% menghasilkan berat volume yang lebih rendah dibanding yang lain, hal ini disebabkan oleh *bleeding* dan kegagalan *setting* yang terjadi. Dari **Gambar 5** juga dapat disimpulkan bahwa terdapat nilai optimum berat volume untuk pasta dengan w/c rendah pada masing-masing variasi pasta.



Gambar 5. Berat Volume Variasi Pasta 100% Semen (a), 85% Semen + 15% Fly Ash (b), 70% Semen + 30% Fly Ash (c) dan 50% Semen + 50% Fly Ash (d) dengan Penambahan Superplasticizer

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian diatas, dapat disimpulkan bahwa:

- Penambahan *fly ash* pada campuran akan menghasilkan *workability* yang lebih baik daripada pasta dengan semen saja. Pada w/c yang sama, diameter *flow* pasta dengan *fly ash* lebih besar daripada pasta dengan semen saja.
- Semakin banyak *fly ash* maka semakin sedikit pula *superplasticizer* yang dibutuhkan untuk mencampur pasta tersebut. Pada w/c yang sama, campuran dengan semen saja memerlukan jumlah *superplasticizer* terbanyak daripada variasi pasta dengan *fly ash*.
- Semakin kecil w/c, akan menghasilkan berat volume yang semakin besar hingga mencapai titik optimum saat penambahan *superplasticizer* maksimum 2% dari berat semen-*fly ash*.

- Penambahan *fly ash* pada pasta w/c tinggi tidak terlalu berkontribusi pada berat volume jika dibandingkan dengan semen saja pada kandungan w/c yang sama.
- Jika berat volume pasta semakin besar, maka akan menghasilkan kuat tekan yang besar pula. Semen 100% menghasilkan kuat tekan tertinggi daripada pasta dengan penambahan *superplasticizer*. Selain itu, beberapa benda uji w/c rendah dengan tambahan *superplasticizer* tidak mengalami peningkatan kuat tekan yang signifikan pada umur 28 hari.

6. DAFTAR REFERENSI

- Felekoğlu, B., Türkel, S., & Baradan, B. (2007). Effect of Water/Cement Ratio on the Fresh and Hardened Properties of Self-Compacting Concrete. *Building and Environment*, 42(4), 1795–1802. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.01.012>.
- Lisantono, A., & Hehanussa, P. G. (2009). Pengaruh Penggunaan Plasticizer pada Self Compacting Geopolymer Concrete Dengan atau Tanpa Penambahan Kapur Padam. *Media Teknik Sipil*, X(2005), 76–83.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete*, Prentice Hall, London.
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (1987). *Concrete Technology*, Trans-Atlantic Publications, London.
- Nugraha, P., & Antoni. (2007). *Teknologi Beton: Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Pangdaeng, S., Phoo-ngernkham, T., Sata, V., & Chindapasirt, P. (2014). Influence of Curing Conditions on Properties of High Calcium Fly Ash Geopolymer containing Portland Cement as additive. *Materials and Design*, 53, 269–274. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.07.018>.
- Schulze, J. (1999). Influence of Water-Cement Ratio and Cement Content on the Properties of Polymer-Modified Mortars. *Cement and Concrete Research*, 29(6), 909–915. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(99\)00060-5](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(99)00060-5).
- Wong, H., & Kwan, A. (2005). *Packing density: A Key Concept for Mix Design of High Performance Concrete*. The University of Hong Kong, Hong Kong.
- Yamada, K., Ogawa, S., & Hanehara, S. (2001). Controlling of the Adsorption and Dispersing Force of Polycarboxylate-Type Superplasticizer by Sulfate Ion Concentration in Aqueous Phase. *Cement and Concrete Research*, 31(3), 375–383. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00503-2](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00503-2).
- Živica, V. (2009). Effects of the Very Low Water/Cement Ratio. *Construction and Building Materials*, 23(12), 3579–3582. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.03.014>.