

PENGARUH DARI PENGGUNAAN *SUPERPLASTICIZER* TERHADAP *RHEOLOGY* PASTA DAN MORTAR DENGAN *CEMENTITIOUS MATERIALS*

Sam Wahyudi Winata¹, Fanuel Jeffry Christianto², Antoni³, Djwantoro Hardjito⁴

ABSTRAK : Tercapainya kualitas dari suatu beton merupakan hal yang paling utama. Dalam proses pembuatan suatu beton banyak faktor yang mempengaruhi kualitas beton seperti air, agregat, admixture, dan *cementitious materials*. Suatu campuran beton biasa yang menggunakan air, semen, agregat halus, dan agregat kasar masih terdapat banyak rongga – rongga, *cementitious material* seperti *silica fume* dapat mengisi rongga tersebut sehingga didapatkan campuran yang lebih padat. Selain hal tersebut, pada penelitian ini mengukur kualitas dari mortar untuk menentukan sifat dari beton segar seperti kelecakan, berat jenis, kehilangan berat, dan kuat tekan dalam beton. *Rheology* suatu campuran dipengaruhi oleh rasio dari volume air dan *powder* (V_w/V_p) dan juga penggunaan *superplasticizer*. Penelitian dalam skala kecil ini harus lebih diperhatikan setiap material yang dipakai dan proses pelaksanaannya.

Pada penelitian ini didapat bahwa campuran Mortar dengan tambahan *fly ash* paling menghasilkan perubahan diameter dan kuat tekan yang bagus, hal ini disebabkan *fly ash* memiliki kebutuhan air yang sedikit jika dibandingkan dengan campuran Mortar saja ataupun dengan penambahan *silica fume*.

KATA KUNCI : *rheology*, diameter, mortar, *fly ash*, *silica fume*, *superplasticizer*.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material komposit, yang terdiri dari *Portland Cement* (PC), agregat halus, agregat kasar, dan air. Pada penggunaannya, *Portland Cement* merupakan bahan utama dalam pembuatan beton. Namun, pemakaian *Portland Cement* secara terus-menerus akan mengakibatkan bahan dasar dari *Portland Cement* itu sendiri menjadi habis. Di lain pihak, terdapat beberapa bahan yang diketahui dapat menjadi bahan tambahan atau pengganti ke dalam campuran *Portland Cement* yang disebut *cementitious materials*.

Permasalahan pada beton bukan saja dari material, akan tetapi juga pada saat pelaksanaan, yang berarti dari kualitas masing – masing pekerja dan peralatan pada saat pemadatan beton tersebut. *Self-Compacting Concrete* (SCC) dapat mengatasi permasalahan tersebut karena mampu memadat dengan berat sendirinya dan tanpa menggunakan alat *vibrator*. Prototipe dari SCC pertama kali selesai pada tahun 1988, beton tersebut juga disebut *High Performance Concrete* (HPC) (Okamura & Ouchi, 2003). HPC merupakan fenomena yang menarik pada dunia konstruksi. HPC dianggap sebagai beton yang memiliki kekuatan tinggi pada umur 28 hari (> 60 MPa). Beton ini bermutu tinggi dikarenakan rendahnya *water – cement ratio* (< 0.4). Semakin sedikit air yang terkandung dalam campuran, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Sedran, 2002).

Cementitious materials seperti *fly ash* (FA), *calcium carbonate* (CC) dan *silica fume* (SF) mampu meningkatkan sifat *rheology* yang berkaitan dengan *flowability* pasta (Wibowoputra et al., 2014). Hal ini yang menjadi dasar bagi peneliti dalam mengukur dan mengevaluasi pengaruh penggunaan *superplasticizer* dan *cementitious materials* terhadap campuran pasta dan mortar yang ditinjau dari perubahan diameter *flow*, berat jenis, dan kuat tekan.

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, sam_winata@hotmail.com

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, fanueljeffry_23@hotmail.com

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

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

2. STUDI LITERATUR

2.1. Pengaruh *Superplasticizer* dan *W/C Ratio* pada Sifat *Rheology* dari Mortar

Superplasticizer memiliki berbagai macam tipe, masing – masing dari tipe tersebut memberikan pengaruh yang berbeda terhadap campuran material tersebut. Pada penelitian yang dilakukan oleh Gol & Szwabowski (2004), digunakan tiga tipe *superplasticizer* yaitu *polycarboxylate acid* (AP), *polycarboxylate ester* (PC), dan *naphthalene sulphonate acid* (SNF). Baik SNF maupun AP menunjukkan tingkat keefektifan yang sama pada *W/C ratio* yang tinggi. Sedangkan untuk campuran *W/C ratio* yang rendah, didapatkan tingkat keefektifan yang tinggi dengan menggunakan AP (dan juga tipe PC). AP maupun PC sangat cocok untuk *High Performance Concrete* (HPC) atau *Self-Compacting Concrete* (SCC) yang mempunyai *W/C ratio* yang rendah. Beton biasa lebih cocok untuk memakai *superplasticizer* dengan tipe SNF. Hal ini disebabkan oleh faktor ekonomisnya, AP biasanya lebih mahal dua kali lipat dari SNF (Gol & Szwabowski, 2004).

2.2. *High Performance Concrete* (HPC) dan *Self-Compacting Concrete* (SCC)

High Performance Concrete (HPC) merupakan beton dengan campuran dari lima sampai sepuluh material yang berbeda. Perbedaan tersebut mengakibatkan kecacakan yang berbeda akibat perbandingan campuran maupun banyaknya komponen yang dipakai. Disamping itu, HPC merupakan beton yang mempunyai kekuatan tekan yang tinggi pada 28 hari (>60MPa) atau memiliki kadar *W/C ratio* yang rendah (<0.40) (Sedran, 2002).

Self-Compacting Concrete (SCC), yang merupakan beton yang bisa memadat dengan sendirinya tanpa harus menggunakan alat getar (*vibrator*). SCC ini dapat memadat sampai ke tepi – tepi bekisting dengan mengalir dengan berat sendirinya. (Okamura and Ouchi, 2003). Hal tersebut dapat diartikan bahwa campuran dari SCC tersebut mempunyai tingkat kecacakan yang sangat lumer. Dalam membuat HPC dengan *W/C ratio* yang rendah, hampir dipastikan bahwa campuran tersebut harus menggunakan *superplasticizer*. Dengan penambahan tersebut harus diukur seberapa banyak *superplasticizer* yang harus dipakai. Pemakaian *superplasticizer* yang berlebihan akan menimbulkan masalah pada beton tersebut seperti *bleeding* dan segregasi.

3. METODA PENELITIAN

Dalam penelitian ini, variabel– variabel yang digunakan untuk setiap material dan kombinasinya dapat dilihat pada **Tabel 1**. Penelitian ini dilakukan dengan menentukan perbandingan volume air dan volume *powder* (Vw/Vp) serta perbandingan berat air dan berat *binder* (W/B). *Powder* dan *binder* yang dimaksud disini adalah campuran dari *cementitious materials* dengan semen. Pengujian ini mengukur *slump diameter* campuran berdasarkan waktu yang ditentukan (*t slump*).

Tabel 1. Komposisi Campuran Pasta & Mortar

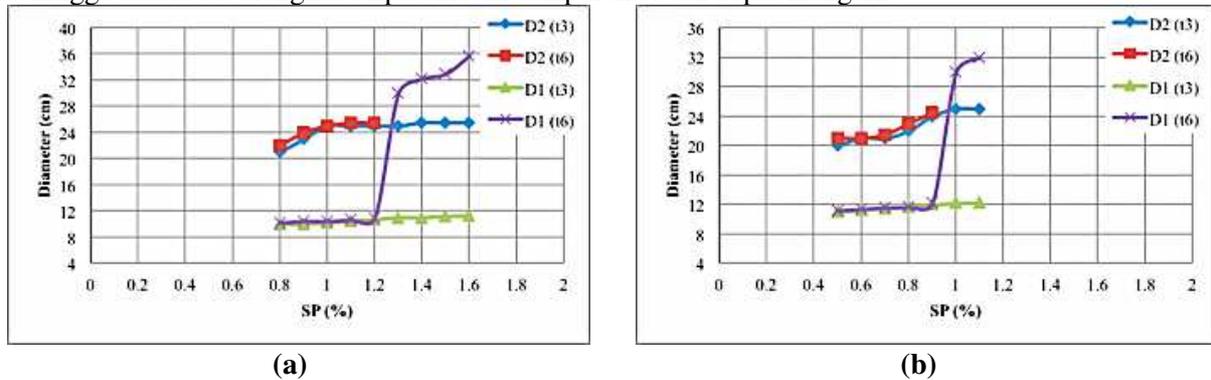
Material	Variabel				
	Vw/Vp	W/C	W/B	t slump	% SP
Pasta PC	0.60	0.20	0.20	t3 dan t6	0 - 2
Pasta PC + FA (70 : 30)	0.70	0.46	0.32	t3 dan t6	0 - 2
Pasta PC + SF (90 : 10)	0.70	0.27	0.24	t3 dan t6	0 – 2
Mortar PC (2 : 1)	0.90	0.30	0.30	t3 dan t6	0 – 2
	1.05	0.35	0.35	t3 dan t6	0 – 2
Mortar PC + FA (2 : 0.7 : 0.3)	0.87	0.43	0.30	t3 dan t6	0 – 2
	1.02	0.50	0.35	t3 dan t6	0 – 2
Mortar PC + SF (2 : 0.95 : 0.05)	0.88	0.32	0.30	t3 dan t6	0 – 2
	1.03	0.37	0.35	t3 dan t6	0 – 2

4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

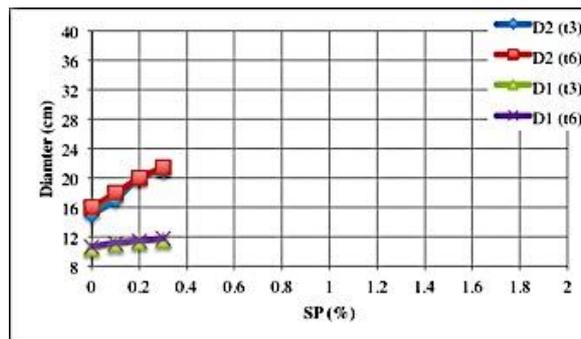
4.1. Pengujian dan Analisa Pasta dan Mortar Flow

Material – material yang digunakan pada proses *mix design* adalah pasir Lumajang, semen, *fly ash* dan *silica fume*. Pertama – tama, proses *mix design* pasta dengan satu komponen saja yaitu semen, lalu dilanjutkan dengan semua kombinasi dari material tersebut sampai dengan dua komponen, demikian pula dengan mortar yang dimulai dengan dua komponen yaitu pasir dan semen, dilanjutkan sampai dengan 4 komponen. Kemudian, setiap material diuji dengan beberapa variasi nilai V_w/V_p (perbandingan volume air terhadap volume powder) dan W/B (perbandingan berat air terhadap berat binder) dan dievaluasi juga bagaimana *flowability* pasta dan mortar pada setiap penambahan dosis *superplasticizer*.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa pada pengujian diameter *flow* campuran menggunakan variasi waktu yaitu t_3 (pada saat campuran PC dicampur dengan air, diaduk dengan durasi 3 menit) dan t_6 (lanjutan dari pengadukan pertama setelah pengujian *flow*, dengan penambahan durasi pengadukan selama 3 menit). Secara umum, besarnya diameter bertambah seiring dengan bertambahnya waktu pengadukan. Selain itu, pada pengujian ini diukur dua nilai diameter yang disebut D2 dan D1 dimana D2 adalah diameter campuran dengan ketukan sebanyak 25 kali. D1 adalah diameter campuran tanpa ketukan. Artinya bahwa nilai D2 diperoleh ketika kondisi campuran masih kental sehingga membutuhkan ketukan untuk mengalir, sedangkan D1 diperoleh ketika campuran sudah mulai lecah sehingga saat *mold* diangkat tanpa diketuk campuran sudah dapat mengalir.

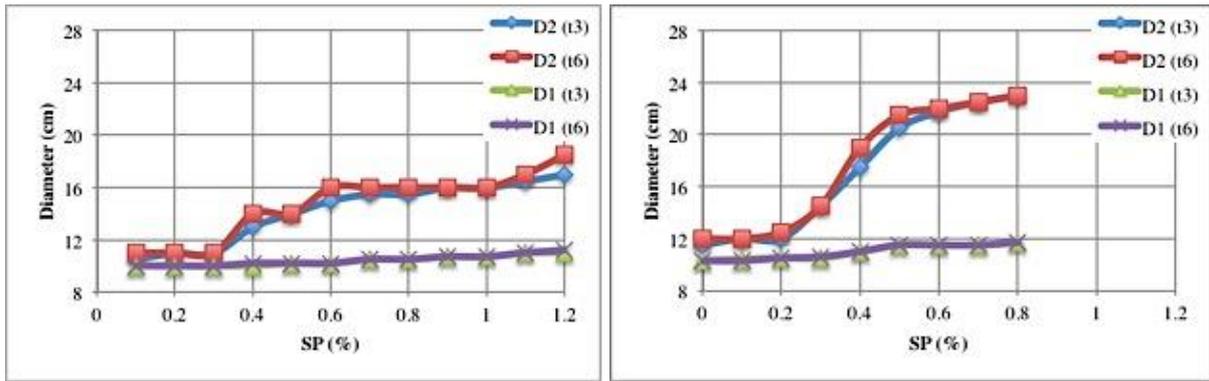


Gambar 1. Perubahan Diameter *Flow* Pasta PC V_w/V_p 0.6 (a) dan PC-SF V_w/V_p 0.7 (b)



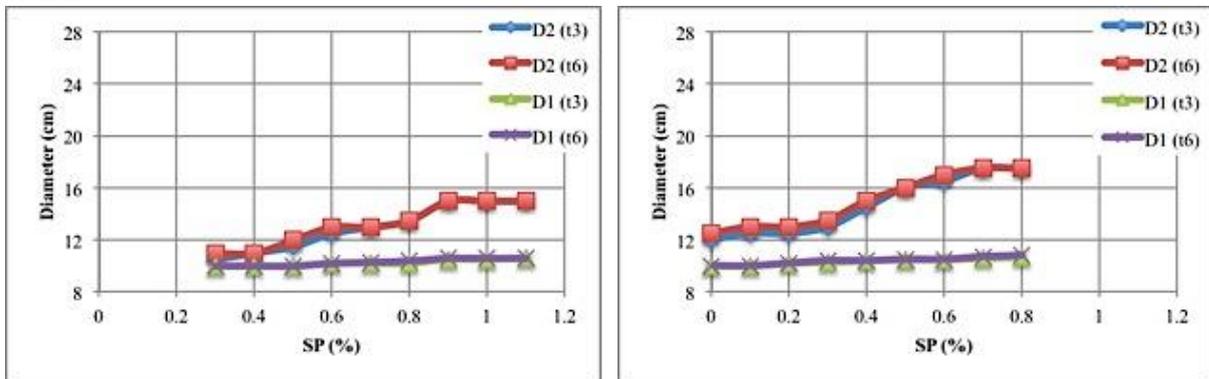
Gambar 2. Perubahan Diameter *Flow* Pasta PC-FA V_w/V_p 0.7

Dari Gambar 1 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa setiap campuran membutuhkan air dan SP yang berbeda untuk membuat campuran dapat diuji atau mengalir. Penambahan SP dalam skala kecil yaitu sebesar 0.1% dari berat powder, dapat mengakibatkan peningkatan diameter. Di samping itu, pengaruh waktu setelah air dan SP dimasukkan juga meningkatkan diameter. FA sangat berpengaruh pada perubahan diameter *flow*. Tanpa perlu menggunakan *superplasticizer*, Pasta PC-FA dapat diuji *flow*, sedangkan Pasta PC-SF yang seharusnya membutuhkan kadar SP yang tinggi sudah mengalami *bleeding* dan segregasi pada kadar SP 1.0%.



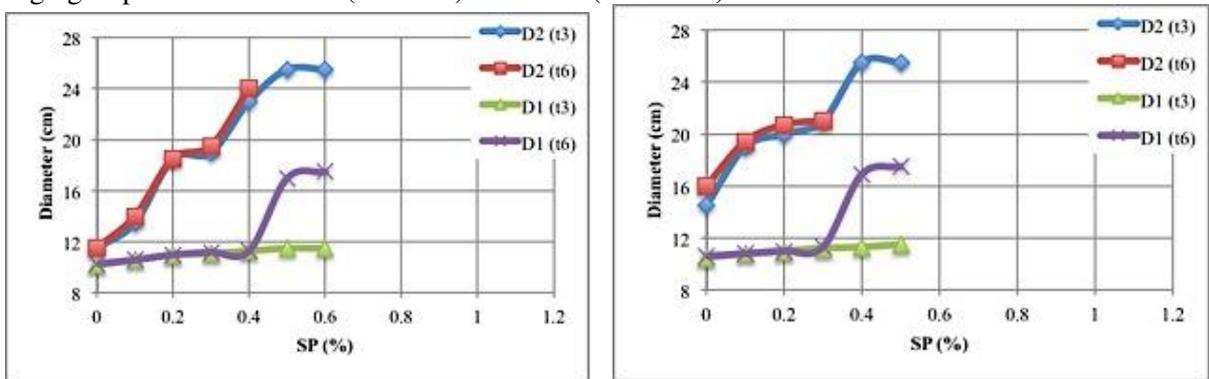
(a) (b)
Gambar 3. Perubahan Diameter *Flow* Mortar PC W/B 0.3 (a) dan W/B 0.35 (b)

Gambar 3 yang merupakan campuran Mortar PC pada perbandingan berat Pasir : PC (2 : 1) dengan W/B 0.3 dan 0.35, menunjukkan grafik perubahan diameter *flow* yang berupa kurva s. Hal ini berarti bahwa campuran memiliki batas – batas dalam pemakaian *superplasticizer* untuk bisa digunakan secara efektif.



(a) (b)
Gambar 4. Perubahan Diameter *Flow* Mortar PC-SF W/B 0.3 (a) dan W/B 0.35 (b)

Dari **Gambar 4** campuran Mortar PC-SF pada perbandingan berat Pasir : PC : SF (2 : 0.95 : 0.05) dengan W/B 0.3 dan 0.35, menunjukkan penurunan diameter *flow* jika dibandingkan dengan campuran Mortar PC, penggunaan SF dalam campuran mengurangi *flowability* dari mortar. Hal ini disebabkan oleh partikel SF yang kecil, sehingga membutuhkan banyak air. Penggunaan SP dalam campuran Mortar PC-SF membutuhkan kadar yang tinggi, akan tetapi campuran ini telah mengalami *bleeding* dan segregasi pada kadar SP 1% (W/B 0.3) dan 0.8% (W/B 0.35).



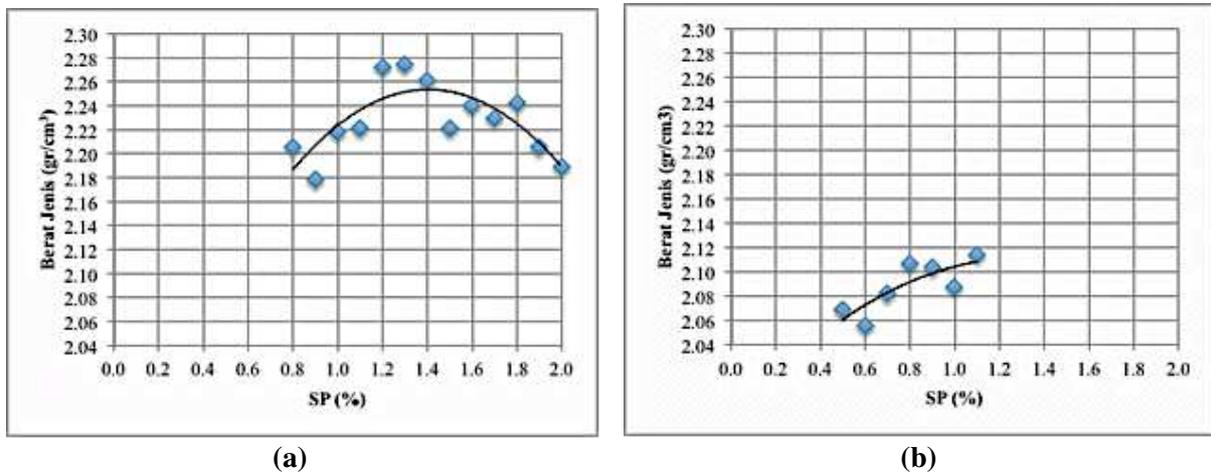
(a) (b)
Gambar 5. Perubahan Diameter *Flow* Mortar PC-FA W/B 0.3 (a) dan W/B 0.35 (b)

Pada **Gambar 5**, FA ditambahkan pada campuran pada perbandingan berat Pasir : PC : FA (2 : 0.7 : 0.3) dengan W/B 0.3 dan 0.35. Hal yang menarik adalah peningkatan diameter *flow* yang cukup tinggi

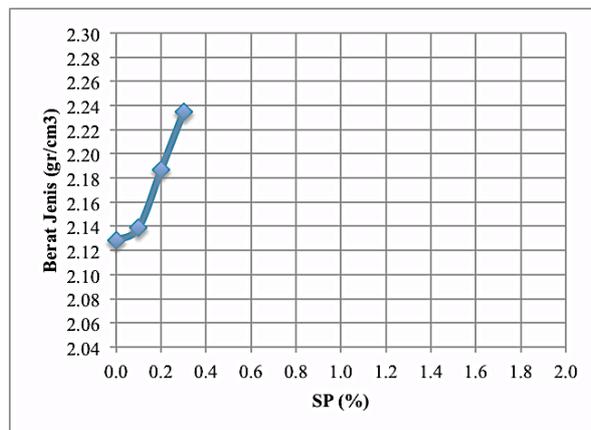
jika dibandingkan dengan campuran – campuran lainnya. Selain itu campuran Mortar PC-FA ini juga berupa kurva S yang berarti memiliki batasan dalam penambahan kadar SP.

4.2. Pengujian dan Analisa Berat Jenis dan Kuat Tekan Pasta dan Mortar

Pada penelitian ini juga dilakukan analisa pasta dan mortar dalam keadaan keras. **Gambar 7** dan **Gambar 8** menggambarkan berat jenis yang diperoleh dari campuran pasta dan kombinasinya, sedangkan **Gambar 9** dan **Gambar 10** menggambarkan berat jenis dari mortar serta kombinasinya. Pengujian kuat tekan pasta disajikan pada **Gambar 11** dan **Gambar 12** serta mortar pada **Gambar 13** dan **Gambar 14**. Grafik – grafik tersebut menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan akibat penggunaan *cementitious materials* terhadap berat jenis maupun kuat tekan dari pasta dan mortar. Kuat tekan yang dihasilkan cenderung mengalami peningkatan pada awal pemberian SP, akan tetapi pada saat mengalami *bleeding* dan segregasi akibat penambahan SP, kuat tekan tersebut mengalami penurunan.

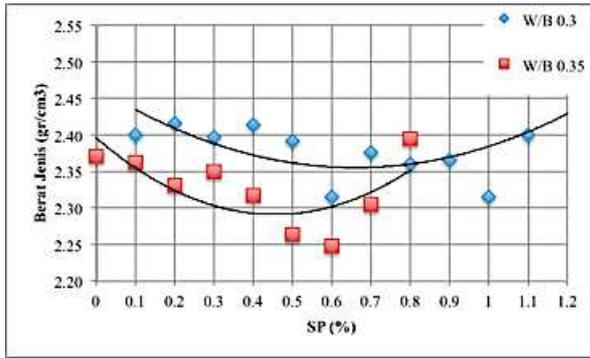


Gambar 7. Korelasi Berat Jenis terhadap Kadar SP Pasta PC (a) dan Pasta PC-SF (b)

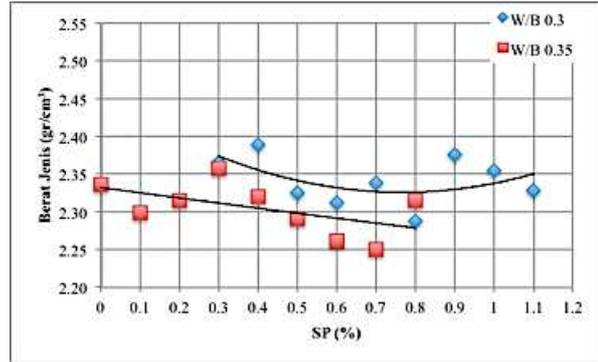


Gambar 8. Korelasi Berat Jenis terhadap Kadar SP Pasta PC-FA

Pada **Gambar 7** dan **Gambar 8** Pasta PC-SF memiliki berat jenis yang terendah, hal ini diakibatkan SF sebagai pengganti bukan penambahan. Pasta PC-FA memiliki peningkatan berat jenis yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan yang lainnya. Hal ini diakibatkan FA memiliki sifat dalam menambah kelecakan suatu campuran dan juga menambah kepadatan. Pada Pasta PC berat jenis yang ada mengalami penurunan pada saat mengalami *bleeding* ataupun segregasi.

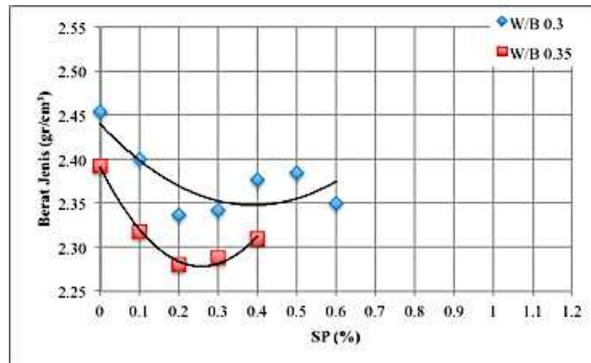


(a)



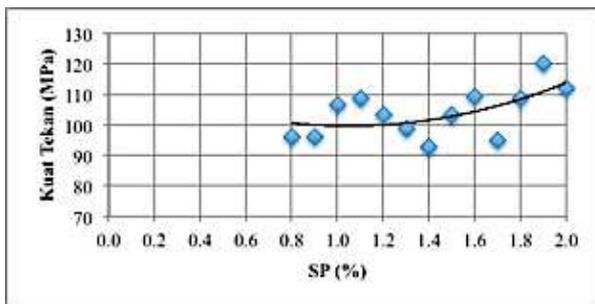
(b)

Gambar 9. Korelasi Berat Jenis terhadap Kadar SP Mortar PC (a) dan Mortar PC-SF (b)

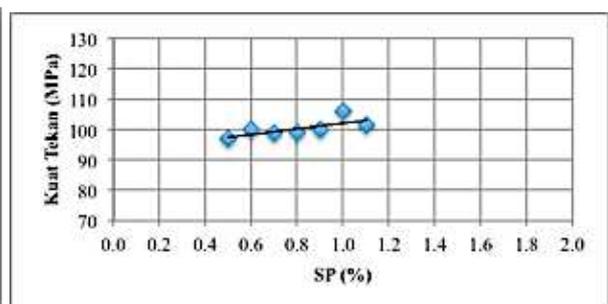


Gambar 10. Korelasi Berat Jenis terhadap Kadar SP Mortar PC-FA

Gambar 9 dan Gambar 10 menunjukkan campuran Mortar PC dan Mortar PC-SF memiliki berat jenis yang tinggi sampai pada diameter *flow* 12-14 cm (Gambar 3 dan Gambar 4). Diameter *flow* 12-14 cm merupakan acuan untuk memperoleh kepadatan yang optimum. Mortar PC-FA mempunyai berat jenis maksimum pada saat kadar SP 0%. Hal ini diakibatkan campuran Mortar PC-FA memiliki W/C yang tinggi yaitu 0.43 dan 0.50. Jika ditinjau pada Gambar 5, diameter *flow* pada campuran Mortar PC-FA dengan SP 0% sudah mencapai nilai 12cm. Hal ini mengakibatkan berat jenis maksimum pada campuran tersebut terjadi pada saat kadar SP 0%.



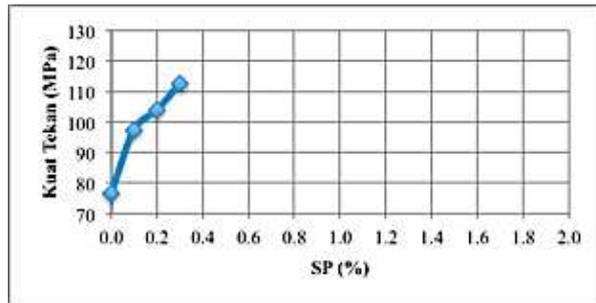
(a)



(b)

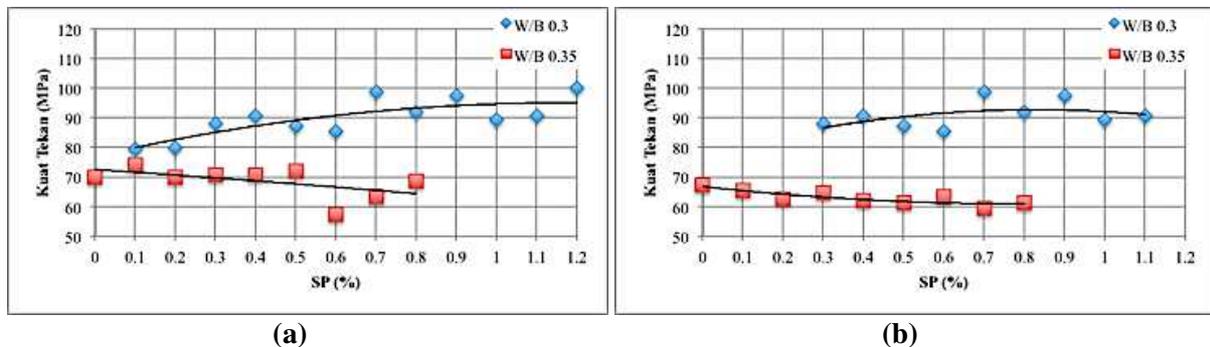
Gambar 11. Korelasi Kuat Tekan terhadap Kadar SP Pasta PC (a) dan PC-SF (b)

Dari Gambar 11 menunjukkan hasil kuat tekan yang diperoleh baik pada Pasta PC maupun Pasta PC-SF memperoleh kuat tekan yang relatif sama pada setiap penambahan kadar SP. *Bleeding* ataupun segregasi pada Pasta PC kurang berpengaruh terhadap hasil dari kuat tekannya. Jika dilihat Gambar 11a pada kadar SP 1.9%, didapatkan kuat tekan sekitar 120 MPa. Hal ini diakibatkan sampel untuk pengujian yang berbentuk kubus sehingga kurang terlihat pengaruh dari *bleeding* atau segregasi tersebut.



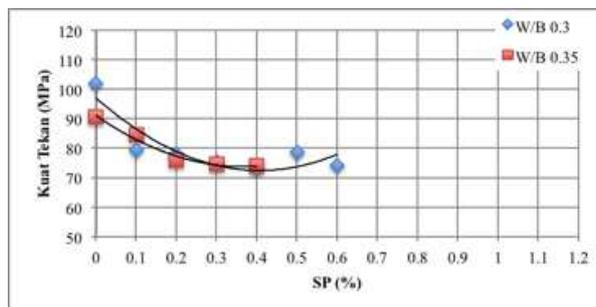
Gambar 12. Korelasi Kuat Tekan terhadap SP Pasta PC-FA

Gambar 12 menunjukkan Pasta PC-FA mengalami peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya kadar SP. Hal ini menunjukkan fungsi FA sebagai *cementitious materials* dapat meningkatkan kuat tekan dari campuran. Jika dibandingkan dengan campuran pasta lainnya Pasta PC-FA mencapai kuat tekan yang cukup tinggi meskipun dengan W/C 0.46, hasil tersebut hampir mencapai kuat tekan yang dihasilkan oleh campuran Pasta PC yang mencapai 120 MPa dengan W/C 0.2.



Gambar 13. Korelasi Kuat Tekan terhadap Kadar SP Mortar PC (a) dan Mortar PC-SF (b)

Kuat Tekan yang diperoleh pada campuran Mortar PC dan campuran Mortar PC-SF pada Gambar 13, juga relatif sama. Hal ini sama seperti perilaku kuat tekan yang dihasilkan oleh campuran pasta tanpa menggunakan FA. Jika ditinjau dari kuat tekan yang dihasilkan antara campuran Mortar PC dengan campuran Mortar PC-SF dengan W/B keduanya yaitu 0.3, bentuk dan hasil grafik yang diperoleh relatif sama, hanya pemakaian SP pada campuran Mortar PC-SF lebih tinggi akibat campuran SF membutuhkan lebih banyak air.



Gambar 14. Korelasi Kuat Tekan terhadap Kadar SP Mortar PC-FA

Gambar 14 menunjukkan penambahan kadar SP mengakibatkan penurunan terhadap kuat tekan Mortar PC-FA. Hal ini disebabkan oleh kadar W/C yang cukup tinggi yaitu 0.43 dan 0.50, sehingga penambahan SP hanya akan membuat campuran *bleeding* atau segregasi yang mengurangi kuat tekan dari campuran tersebut.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan penelitian dapat ditarik kesimpulan mengenai perilaku pasta dan mortar, sebagai berikut:

1. *Rheology* pasta dan mortar dari setiap campuran menunjukkan banyak perbedaan, tetapi juga ada kesamaan dilihat dari data kebutuhan air, perubahan diameter *flow*.
2. Semen dipengaruhi oleh variabel waktu dalam reaksinya dengan air dan *superplasticizer*. Bertambahnya waktu menyebabkan semen lebih *flowable*.
3. Penambahan FA pada pasta dan mortar sangat berpengaruh terhadap campuran. Penambahan FA pada campuran, mengakibatkan peningkatan diameter *flow* yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran lainnya. Selain itu FA mengurangi jumlah kebutuhan air dan pada W/C yang tinggi yaitu 0.43 dan 0.50, kuat tekan dari Mortar PC-FA mencapai 102 dan 96.7 MPa.
4. Penambahan SF pada pasta dan mortar mengakibatkan penurunan diameter *flow* dari campuran, hal ini disebabkan oleh partikel – partikel kecil dari SF yang menyerap air lebih banyak. Selain itu, penambahan SF pada penelitian ini justru mengakibatkan kuat tekan dari campuran menurun, hal ini disebabkan fungsi dari SF sebagai penggantian bukan penambahan.
5. Penggunaan *superplasticizer* pada campuran pasta dan mortar menyebabkan kebutuhan air pada campuran menurun. Kuat tekan baik pasta maupun mortar dengan PC dan SF mengalami peningkatan. Pada Mortar PC-FA dengan W/B 0.3 dan 0.35, penambahan SP justru mengurangi kuat tekan dari campuran tersebut. Hal ini diakibatkan oleh tingginya W/C pada campuran tersebut sehingga *bleeding* dan segregasi lebih cepat terjadi.

6. DAFTAR REFERENSI

- Gol, J., & Szwabowski, J. (2004). Influence of Superplasticizers on Rheological Behaviour of Fresh Cement Mortars, *Cement and Concrete Research*, 34(2), 235–248. doi:10.1016/j.cemconres.2003.07.002
- Okamura, H., & Ouchi, M. (2003). Self-Compacting Concrete, *Advance Concrete Technology*, 1(1), 5–15.
- Park, C. K., Noh, M. H., & Park, T. H. (2004). Rheological Properties of Cementitious Materials Containing Mineral Admixtures, *Cement and Concrete Research*, 35(2), 842-849. doi:10.1016/j.cemconres.2004.11.002
- Sedran, T. (2002). Mixture-Proportioning of High-Performance Concrete, *Cement and Concrete Research*, 32(11), 1699–1704.
- Wibowoputra, I. K., Wanandi, C., Antoni, & Tanojo, E. (2014). Sifat Rheology Semen Pasta Ditinjau dari Campuran Material Penyusunnya dan Penggunaan Superplasticizer, *Dimesi Pratama Teknik Sipil*, 3(2), 1-8