

PENGARUH *TREATMENT* PADA *BOTTOM ASH* TERHADAP KUAT TEKAN BETON *HIGH VOLUME FLY ASH*

Kevin Desailly¹, Singgih Suryajaya², Antoni³, Djwantoro Hardjito⁴

ABSTRAK : Pembangunan dalam bidang konstruksi di Indonesia sedang berkembang, agar tidak merusak keseimbangan ekosistem akibat proses konstruksi maka pembangunan berkelanjutan sangat diperlukan. Penggunaan material-material yang bersifat tidak merusak alam dan pemanfaatan limbah sebagai material konstruksi harus dilakukan. *Bottom ash* dan *fly ash* merupakan limbah hasil pembakaran PLTU yang masih dapat digunakan sebagai material pembuatan beton. Dalam dunia konstruksi pemanfaatan *fly ash* sudah dilakukan, sedangkan untuk *bottom ash* masih sangat jarang padahal *bottom ash* mempunyai potensi untuk menggantikan pasir sebagai agregat halus dalam beton. Dalam penelitian ini, *bottom ash* akan diberi *treatment* berupa pencucian dan pencampuran antara *bottom ash* kasar dan halus hingga mencapai kepadatan maksimum sebelum akhirnya digunakan untuk membuat beton *High Volume Fly Ash* (HVFA). Pengujian slump dan kuat tekan akan dilakukan pada beton HVFA. Dari penelitian ini, dihasilkan bahwa *treatment* pencucian *bottom ash* dan pencampuran 75% *bottom ash* kasar dan 25% *bottom ash* halus akan menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton yang menggunakan *bottom ash* tanpa *treatment* ataupun *bottom ash* dengan *treatment* pencucian.

KATA KUNCI : beton *high volume fly ash* (HVFA), *fly ash*, *bottom ash*, pembangunan berkelanjutan

1. PENDAHULUAN

Beton adalah produk hasil pencampuran semen, kerikil, pasir, dan air. Beton adalah produk utama yang akan digunakan dalam pembangunan sebuah konstruksi bangunan. Pada perkembangan jaman ini, banyak masalah pencemaran lingkungan yang timbul akibat meningkatnya penggunaan beton dalam konstruksi. Mulai dari proses pembuatan semen yang berkembang pesat dan pengambilan material agregat yang merusak bumi. Untuk mengurangi dampak yang dihasilkan maka proses konstruksi harus menggunakan material lain sebagai pengganti semen dan sebagai pengganti agregat. Material tersebut bisa didapat dari limbah PLTU berupa *fly ash* dan *bottom ash*.

Fly ash merupakan limbah hasil pembakaran batu bara yang berterbangan di udara, sedangkan *bottom ash* adalah hasil pembakaran yang diambil dari dasar tungku (Aggarwal & Siddique, 2014). *Fly ash* adalah limbah yang dapat menggantikan semen sebagai material *cementious* pada beton dan *bottom ash* menggantikan pasir pada beton. Dari penggunaan kedua material ini, maka kerusakan lingkungan sudah dapat dikurangi. Partikel *fly ash* biasanya berbentuk bulat dan berukuran kecil. *Fly ash* memiliki ukuran antara 1 μm hingga 150 μm . Kandungan dalam *fly ash* ditentukan oleh sumber dan metode pembakaran batu bara yang dilakukan (Rangan, Hardjito, Wallah, & Sumajouw, 2005).

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21413063@petra.ac.id

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21413075@petra.ac.id

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

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

Menurut *American Standard Testing and Material* (ASTM, 2010), *fly ash* dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu *fly ash* tipe F dan *fly ash* tipe C. Ketika dicampur menjadi beton, *fly ash* berperan sebagai material *cementitious* yang digunakan sebagai pengganti sebagian *Portland* semen. Beton yang menggunakan *fly ash* sebagai material *cementitious* dapat mencapai kekuatan tekan dan tarik yang setara bahkan lebih tinggi ketika dibandingkan dengan beton konvensional (Kumar, Tike, & Nanda, 2007). *High Volume Fly Ash* (HVFA) merupakan salah satu jenis beton yang dikembangkan oleh *Canada Centre for Material and Energy Technology* (CANMET), dimana *fly ash* dapat digunakan sebanyak 50% hingga 60% untuk menggantikan semen. (Note, Saravanakumar, & Dhinakaran, 2013).

Penggunaan *bottom ash* sebagai agregat halus pada beton juga mempunyai kendala, yaitu karena *bottom ash* mempunyai bentuk yang kasar dan ukuran yang besar. Selain itu *bottom ash* juga mempunyai permukaan pori yang besar sehingga menyerap banyak air. Sifat menyerap air *bottom ash* itu meningkatkan *water content* pada campuran beton sehingga membuat kualitas beton berkurang (Kim, 2015). Selain itu, beton yang menggunakan *bottom ash* mempunyai *void* yang lebih besar yang dapat menyebabkan turunnya kekuatan tekan beton (Singh & Siddique, 2014b). Untuk mengatasi masalah pada *bottom ash*, dapat dilakukan *treatment* berupa penggilingan atau pengayakan sehingga dapat mengurangi ukuran partikel *bottom ash* sehingga penggunaan air pada beton akan berkurang dan sebaliknya *workability* beton akan meningkat (Kim, 2015). Penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti 100% pasir pada beton masih jarang digunakan, oleh karena itu dilakukan penelitian untuk menggunakan *bottom ash* sebagai pengganti 100% pasir pada beton. Pada penelitian ini *bottom ash* akan diberi *treatment* pencucian untuk mengurangi kadar karbonnya dan dilakukan pencampuran *bottom ash* kasar dan halus untuk mencapai kepadatan maksimal sebelum kemudian dibuat sebagai beton. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh *treatment* yang telah diberikan pada *bottom ash* terhadap kuat tekan beton sehingga penggunaan *bottom ash* dapat dimaksimalkan dalam dunia konstruksi.

2. RANCANGAN PENELITIAN

2.1 Material

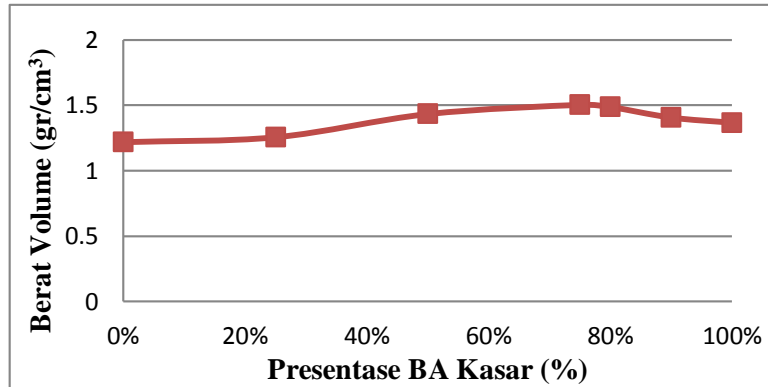
Material yang digunakan dalam pembuatan beton HVFA ini berupa kerikil sebagai agregat kasar, *bottom ash* sebagai agregat halus, semen dan *fly ash* sebagai material *cementitious*, dan air sebagai pencampur dalam pembuatan beton. *Fly ash* yang digunakan merupakan *fly ash* tipe C dan berasal dari PLTU Paiton unit 5-6, Jawa Timur dan mempunyai pH sebesar 10.67. Lalu untuk *bottom ash* juga berasal dari pembakaran batu bara PLTU Paiton unit 5-6. Sedangkan untuk semen berasal dari hasil produksi PT. Semen Gresik. Untuk air yang digunakan adalah air PDAM dengan pH netral dan *superplasticizer* (SP) yang digunakan adalah tipe MasterGlenium SKY 8851 dengan merk BASF. Sedangkan untuk kerikil, digunakan kerikil dengan ukuran 5mm-20mm sebagai agregat kasar dalam pembuatan beton.

Bottom ash yang digunakan dalam pembuatan beton akan diayak lolos ayakan 5mm terlebih dahulu. Ada 3 jenis *bottom ash* yang akan digunakan dalam penelitian ini, *bottom ash* yang pertama adalah *bottom ash* lolos ayakan 5mm atau disebut *Sieved Bottom Ash* (SBA). Lalu *bottom ash* yang kedua adalah *bottom ash* yang lolos ayakan 5mm dan diberi *treatment* berupa pencucian selama 3 hari atau disebut *Washed Bottom Ash* (WBA) dan yang ketiga adalah *Mixed Bottom Ash* (MBA) yang merupakan pencampuran antara *bottom ash* kasar yang mempunyai ukuran antara 1,18mm hingga 5mm dan *bottom ash* halus yang mempunyai ukuran <1,18mm. Perbandingan *bottom ash* kasar dan halus pada MBA berdasarkan percobaan tes kepadatan yang menghasilkan kepadatan paling tinggi. Dari hasil percobaan kepadatan berat volume yang ditunjukkan pada **Gambar 1**, perbandingan paling padat antara *bottom ash* kasar dan halus adalah 75% *bottom ash* kasar dan 25% *bottom ash* halus.

Hasil pengujian *XRF* (*X-Ray Fluorescence*) *fly ash* dan *bottom ash* ditunjukkan pada **Tabel 1**. Perbedaan bentuk tiap jenis *bottom ash* dapat dilihat pada **Gambar 2** dan untuk hasil pengujian *water content* saat

kondisi *Saturated Surface Dry (SSD)* dan *fineness modulus* untuk tiap jenis *bottom ash* ditunjukkan pada **Tabel 2**. Analisa ayakan *bottom ash* dapat dilihat pada **Gambar 3**.

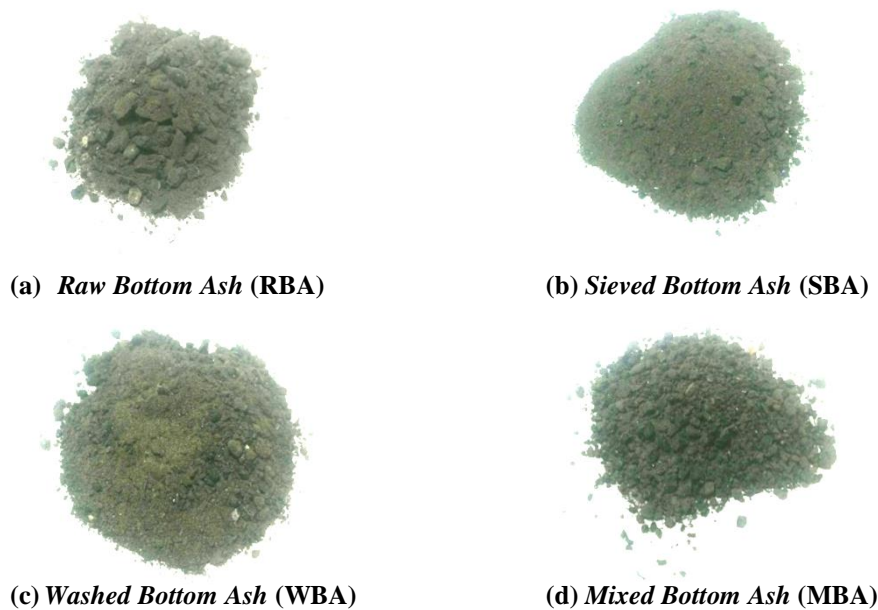
Dari analisa *water content*, WBA memiliki kandungan air paling sedikit untuk mencapai keadaan SSD. Sedangkan analisa *Fineness Modulus* menunjukkan bahwa MBA memiliki hasil yang paling tinggi.



Gambar 1. Grafik Presentase *Bottom Ash* Kasar dengan Berat Volume

Tabel 1. Hasil XRF *Fly Ash* dan *Bottom Ash*

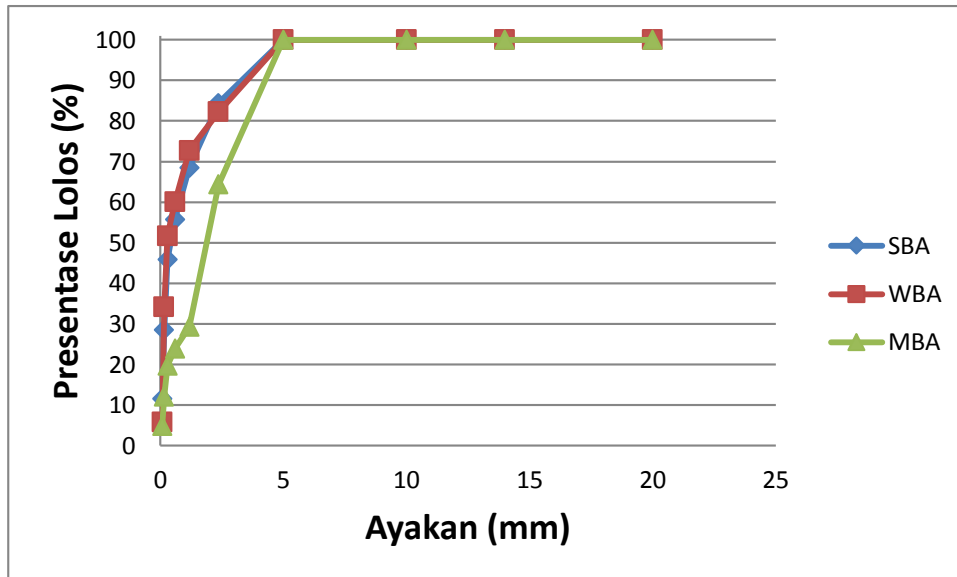
Komponen	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	MnO ₂	P ₂ O ₅	LOI
<i>Fly Ash</i> (%)	32.45	15.73	16.27	0.70	19.70	7.97	1.17	2.31	1.93	0.21	0.25	0.80
<i>Bottom Ash</i> (%)	34.39	10.02	18.41	0.65	21.16	9.7	0.9	0.24	0.66	0.22	-	3.54



Gambar 2. Perbedaan Macam-macam *Bottom Ash*

Tabel 2. Hasil Tes *Water Content* dan *Fineness Modulus* Material

Material	<i>Water Content</i>	<i>Fineness Modulus</i>
SBA	3.96	2.23
WBA	2.32	1.99
MBA	2.21	3.61



Gambar 3. Grafik Gradasi Material

2.2. Mix Design

Pembuatan beton mempunyai 3 tahapan, Tahap 1 bertujuan untuk mengetahui perbandingan agregat kasar dan agregat halus yang paling optimal. Lalu Tahap 2 bertujuan untuk mengetahui kadar material *cementitious* yang paling optimal dan Tahap 3 bertujuan untuk mengetahui pengaruh *treatment* pada *bottom ash* terhadap kuat tekan beton HVFA. Pada penelitian ini beton dibuat dalam ukuran 10 x 10 x 10 cm³ dan dibuat sebanyak 9 buah untuk tiap jenis mix design. Penelitian ini menggunakan semen dan *fly ash* sebagai material *cementitious* dengan perbandingan 1:1. Jumlah SP yang digunakan berasal dari persentase massa material *cementitious*. Semua beton yang dibuat mempunyai target slump sebesar 5 ± 2,5 cm dan mempunyai W/C sebesar 0,3.

Pada *mix design* Tahap I, penamaan BA menunjukkan material *bottom ash* yang digunakan dan 2 digit angka di belakangnya menunjukkan persentase massa *bottom ash* terhadap berat total agregat. Pada pembuatan beton ini, tes kuat tekan akan dilakukan pada umur 3,7, dan 14 hari. Untuk *mix design* Tahap 1 dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Lalu untuk *mix design* Tahap II, penamaan S menunjukkan material semen yang digunakan dan 2 digit angka di belakangnya menunjukkan massa total material *cementitious* yang digunakan. Pada pembuatan beton ini, tes kuat tekan akan dilakukan pada umur 3,7, dan 14 hari. Untuk *mix design* Tahap 2 dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Untuk *mix design* Tahap III, penamaan CTRL menunjukkan beton kontrol yang akan digunakan sebagai pembanding terhadap beton yang diberi *treatment*. Penamaan WBA menunjukkan bahwa penggunaan *washed bottom ash* untuk campuran beton dan penamaan MBA menunjukkan penggunaan *mixed bottom*

ash dalam pencampuran beton. Pada pembuatan beton ini, tes kuat tekan akan dilakukan pada umur 7 dan 28 hari.

Tabel 3. Mix Design Tahap I Per Meter Kubik

Nama	Semen (kg)	Fly Ash (kg)	BA (kg)	Kerikil (kg)	w/c	SP (%)
BA30	375.00	375.00	487.22	1136.85	0.3	0
BA40	375.00	375.00	649.63	974.44	0.3	0.3
BA50	375.00	375.00	812.04	812.04	0.3	0.8

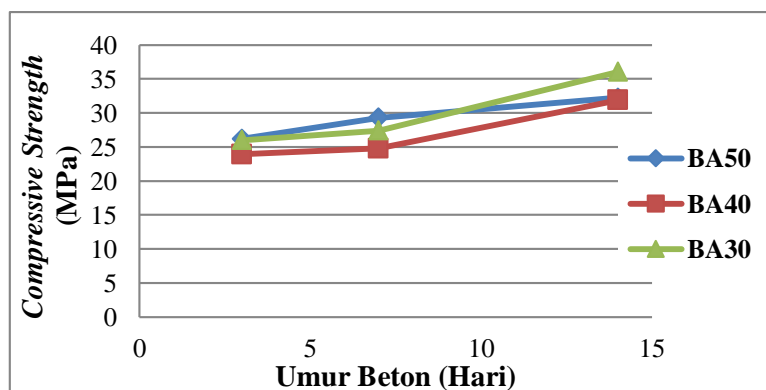
Tabel 4. Mix Design Tahap II Per Meter Kubik

Nama	Semen (kg)	Fly Ash (kg)	BA (kg)	Kerikil (kg)	w/c	SP (%)
BA50	375.00	375.00	812.04	812.04	0.3	0.8
S580	291.67	291.67	895.37	895.37	0.3	1
S416	208.33	208.33	978.70	978.70	0.3	1.3

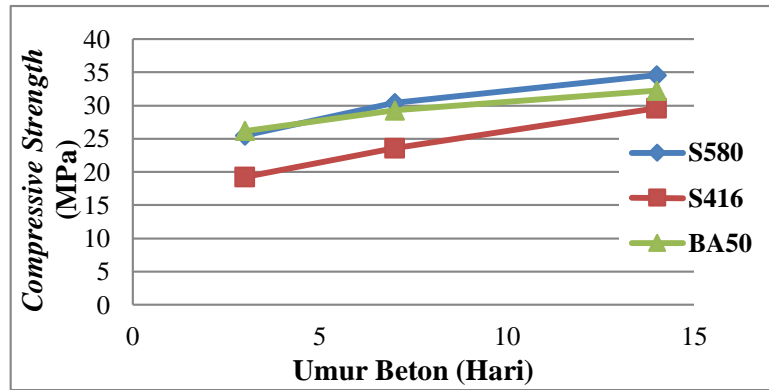
3. HASIL PENGETESAN

3.1. Kuat Tekan

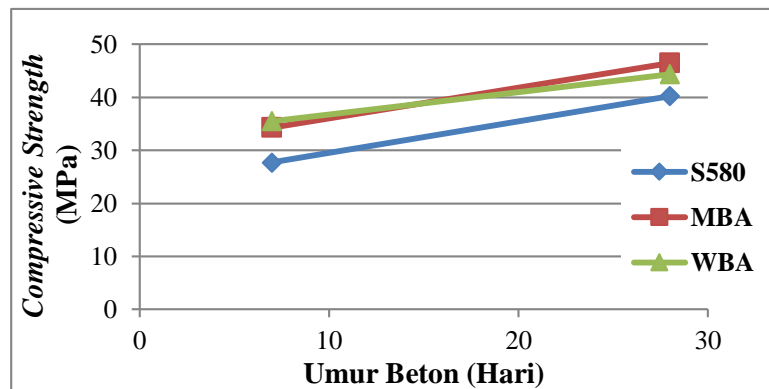
Dari *mix design* Tahap I dihasilkan bahwa BA50 mempunyai kuat tekan yang paling tinggi pada umur 3 dan 7 hari sedangkan pada umur 14 hari BA30 mempunyai hasil yang paling kuat dengan mutu beton sebesar 36.05 MPa . Hasil kuat tekan beton *mix design* Tahap I dapat dilihat pada **Gambar 4**. Lalu dari *mix design* Tahap II didapatkan bahwa pada umur 3 beton BA50 mempunyai kekuatan yang paling tinggi sedangkan pada umur 7 dan 14 hari beton dengan kode S580 mempunyai kekuatan yang paling tinggi dengan mutu beton sebesar 30.40 MPa pada umur 7 hari dan 34.56 MPa pada umur 14 hari . Hasil kuat tekan beton *mix design* Tahap II dapat dilihat pada **Gambar 5**. Sedangkan dari *mix design* Tahap III didapatkan bahwa beton yang menggunakan *mixed bottom ash* mempunyai kekuatan tekan yang paling tinggi dibandingkan dengan beton kontrol maupun beton dengan *treatment* pencucian. Mutu beton yang dihasilkan beton WBA mencapai 44.37 MPa pada umur 28 hari dan beton MBA mencapai 46.45 pada umur 28 hari. Hasil kuat tekan beton *mix design* tahap III dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 4. Grafik Compressive Strength dengan Umur Beton Tahap I



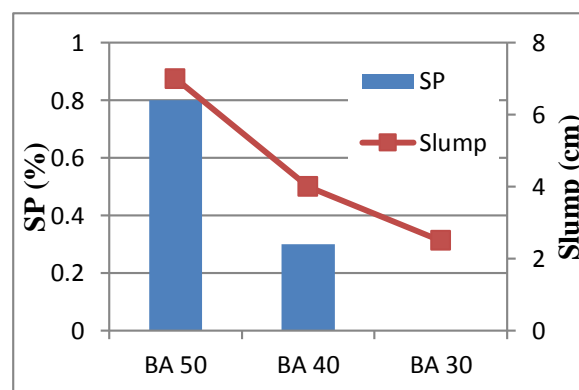
Gambar 5. Grafik *Compressive Strength* dengan Umur Beton Tahap II



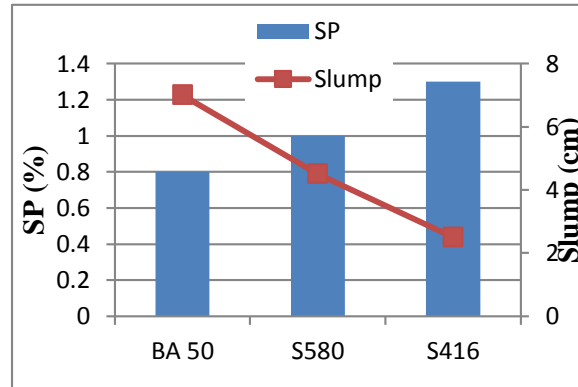
Gambar 6. Grafik *Compressive Strength* dengan Umur Beton Tahap III

3.2. Workability Beton HVFA

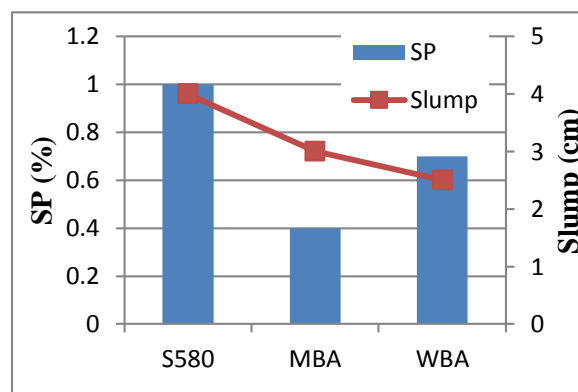
Dari hasil pengecoran Tahap I didapatkan bahwa penggunaan agregat halus sebesar 30% mempunyai *workability* yang paling baik karena tidak dibutuhkan SP untuk mencapai slump yang diinginkan, yaitu 5 ± 2.5 cm. Untuk perbandingan slump dan penggunaan SP dari *mix design* Tahap I dapat dilihat pada **Gambar 7**. Sedangkan pada *mix design* Tahap II menunjukkan bahwa semakin sedikit material *cementitious* yang digunakan dan semakin banyak agregat yang digunakan maka kebutuhan SP akan meningkat. Hal ini dikarenakan pemberian air akan berkurang dengan menurunnya massa material *cementitious* yang digunakan. Untuk perbandingan slump dan penggunaan SP dari *mix design* Tahap II dapat dilihat pada **Gambar 8**. Lalu pada *mix design* Tahap III dihasilkan bahwa penggunaan WBA dan MBA dapat meningkatkan *workability* jika dibandingkan dengan penggunaan SBA pada saat pembuatan beton. Hasil perbandingan slump dan penggunaan SP *mix design* Tahap III dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 7. Grafik Pemakaian SP dan Slump Tahap I



Gambar 8. Grafik Pemakaian SP dan Slump Tahap II



Gambar 9. Grafik Pemakaian SP dan Slump Tahap III

4. KESIMPULAN

Dari percobaan pada 3 tahap dengan jenis *mix design* yang berbeda-beda dan penggunaan *bottom ash* yang mempunyai *treatment* yang berbeda pada pembuatan beton HVFA dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada percobaan pengecoran Tahap I didapatkan bahwa penggunaan agregat dengan perbandingan 50% kerikil dan 50% *bottom ash* mempunyai kuat tekan yang paling tinggi pada umur 3 dan 7 hari. Sedangkan umur 14 hari didapatkan bahwa penggunaan agregat dengan perbandingan 30% *bottom ash* dan 70% kerikil mempunyai kuat tekan yang paling tinggi.
2. Pada percobaan Tahap II didapatkan bahwa beton yang menggunakan semen sebesar 583.33 kg/m^3 mempunyai kuat tekan yang paling tinggi.
3. Pada percobaan Tahap III didapatkan bahwa *treatment* pada *bottom ash* berupa pencucian (WBA) dapat memberikan peningkatan kuat tekan pada beton dan menjadikan beton ini lebih kuat dibandingkan beton yang menggunakan *bottom ash* tanpa *treatment*. *Treatment* pada *bottom ash* ini dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan sebesar 44.37 Mpa pada umur 28 hari.
4. Pada percobaan Tahap III juga didapatkan bahwa pencampuran *bottom ash* dengan komposisi 75% kasar dan 25% halus menghasilkan kepadatan yang paling tinggi. Saat menggunakan MBA sebagai agregat halus, terjadi peningkatan kuat tekan beton dan menghasilkan beton dengan kuat tekan paling tinggi dibandingkan dengan beton kontrol maupun beton yang menggunakan WBA. Penggunaan MBA sebagai agregat halus dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan sebesar 46.45 Mpa pada umur 28 hari.

5. DAFTAR REFERENSI

- Aggarwal, Y., & Siddique, R. (2014). "Microstructure and Properties of Concrete Using Bottom Ash and Waste Foundry Sand as Partial Replacement of Fine Aggregates." *Construction and Building Materials*. Vol.54, 210–223. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.12.051>
- ASTM. (2010). "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use." *Annual Book of ASTM Standards*. <https://doi.org/10.1520/C0618>
- Kim, H. K. (2015). "Utilization of Sieved and Ground Coal Bottom Ash Powders as a Coarse Binder in High-Strength Mortar to Improve Workability." *Construction and Building Materials*. Vol.91, 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.017>
- Kumar, B., Tike, G. K., & Nanda, P. K. (2007). "Evaluation of Properties of High-Volume Fly-Ash Concrete." *Journal of Materials in Civil Engineering*. Vol.19, 906–912.
- Note, T., Saravanakumar, P., & Dhinakaran, G. (2013). "Strength Characteristics of High-Volume Fly Ash – Based Recycled Aggregate Concrete." *Journal of Materials in Civil Engineering*. Vol.25, 1127–1133. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0000645](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000645).
- Rangan, B. V., Hardjito, D., Wallah, S. E., & Sumajouw, D. M. J. (2005). "*Studies on Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*." Curtin University of Technology.
- Singh, M., & Siddique, R. (2014). "Strength Properties and Micro-Structural Properties of Concrete Containing Coal Bottom Ash as Partial Replacement of Fine Aggregate." *Construction and Building Materials*. Vol.50, 246–256. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.026>