

PENGARUH VARIASI WATER BINDER RATIO (0,20-0,32) TERHADAP SIFAT SEGAR, BERAT VOLUME, POROSITAS, DAN KUAT TEKAN PADA BETON HIGH VOLUME FLY ASH METODE SELF COMPACTING CONCRETE

Andini Kurniawati ¹⁾, Moch. Firmansyah Sofianto.,S.T.,M.T.,M.Sc. ²⁾

¹⁾Mahasiswa S1 Teknik Sipil, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

andinikurniawati@mhs.unesa.ac.id , mochammadfirmansyah@unesa.ac.id

Abstrak

Durabilitas merupakan salah satu permasalahan dalam pekerjaan teknis beton yang diakibatkan oleh pemadatan yang kurang optimal, sehingga dibutuhkan beton yang mampu memadat sendiri. Karakteristik beton yang memadat sendiri adalah volume binder lebih banyak daripada beton normal, sehingga nilai *w/b ratio* menjadi kecil. HVFA digunakan untuk mengurangi dampak lingkungan yang diakibatkan penggunaan volume binder yang besar. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh *w/b ratio* terhadap sifat segar, berat per-volume, porositas, dan kuat tekan beton. Penelitian ini direncanakan menggunakan variasi *w/b ratio* 0,20; 0,24; 0,28; 0,32 dan kadar HVFA 50% dari volume binder. Pengujian benda uji menggunakan silinder dengan ukuran 10x20 cm. Uji beton segar yang dilakukan adalah Uji Slump, Uji T50, Uji V-funnel, dan Uji L-Box. Uji kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh *w/b ratio* terhadap beton segar dan memenuhi persyaratan sifat segar SCC. Berat per volume sebagian besar beton tergolong dalam jenis beton berat dengan nilai terberat adalah 2451,59 kg/m³. Pengaruh *w/b ratio* terhadap porositas ditunjukkan bahwa nilai *w/b ratio* yang terendah memiliki nilai porositas juga kecil, nilai Porositas terkecil yaitu 1,27%. Kuat tekan yang paling besar terdapat pada beton *w/b ratio* 0,20 dengan nilai 44,59 MPa.

Kata kunci : *w/b ratio*; Sifat Segar, Kuat Tekan, Berat Per Volume, dan Porositas.

Abstract

Durability is one of the common problems in the concrete structure technique that caused by non-optimal concrete compacted, so needed concrete that able to compacting by itself. Characteristic of Self compacting concrete is having volume binder more than normal concrete, so w/b ratio become smaller. HVFA used to decrease environment effect that caused by using large volume of binder. The purpose of this research is to determine the effect of w/b ratio for fresh properties, weight per-volume, porosity, and compressive strength. This research is planned to use variation of w/b ratio with 0,20; 0,24; 0,28; and 0,32 and use proportion of HVFA with 50% of total binder. Test object use silinder with dimension 10x20 cm. Fresh properties test using Slump test and T50, V-funnel test, and L-Box test. Compressive strength concrete tested at 7,14, and 28 days.

The results of this research shows all of the varian based on spesification of fresh properties. Most of Weight per-volume concrete includes in the heaviness concrete's type. The heaviest result of all varian is 2451,59 kg/m³. The effect of w/b ratio in porosity shown that the lowest w/b ratio will make lower percentage of porosity with the result is 1,27%. The largest of compressive strength is on the 0,2 w/b ratio's concrete with result's 44,59 MPa.

Keyword : w/b ratio, Fresh Properties, Compressive Strength, Weight Per Volume, and Porosity..

PENDAHULUAN

Pekerjaan teknis proyek yaitu pengecoran beton konvensional pada *beam coloumn joint*, konstruksi gedung maupun konstruksi bawah air yang padat tulangan dengan alat *vibrator* belum menjamin tercapainya kepadatan secara optimal sehingga kuat tekan yang diharapkan tidak bisa tercapai dengan baik. Dengan demikian dibutuhkan beton yang mampu memadat pada tiap-tiap sudut bekisting dan membawa beratnya sendiri tanpa membutuhkan pemadatan dengan *vibrator* (Dedi,2011). Oleh karena itu, pada tahun

1986, Okamura membuat penelitian mengenai beton memadat sendiri atau *Self Compacting Concrete* (SCC) (Okamura,2003).

Menurut Okamura (2003), untuk mendapatkan beton SCC yang baik maka diperlukan beberapa syarat, salah satunya yaitu water-binder ratio. Jika dalam proporsi campuran beton konvensional, faktor air semen ditetapkan untuk mendapatkan kekuatan yang dibutuhkan. Semakin tinggi kandungan semen dalam campuran, semakin tinggi kuat tekannya. Permasalahannya adalah apabila kandungan semen terus dinaikkan, sampai batas tertentu akan timbul masalah seperti

campuran menjadi terlalu kental sehingga sulit dalam pelaksanaan pengecoran, serta seringkali timbul retak dan susut berlebihan pada beton setelah mengeras (Anonim,2019). Dengan beton SCC, water-binder ratio harus diputuskan dengan memperhitungkan kemampuan memadat sendirinya, karena pemadatan dalam beton SCC sangat sensitif dengan mempertimbangkan beberapa aspek. Untuk mendapatkan *water-binder ratio* yang tepat didapatkan dari hasil pengujian di lapangan.

Sejalan dengan hal tersebut, inovasi terhadap beton salah satunya dalam beton SCC dilakukan untuk melihat dampak yang ditimbulkan untuk lingkungan. Hal ini disebabkan beton SCC dengan *w/b ratio* yang kecil membutuhkan proporsi semen lebih banyak. Untuk mengurangi penggunaan semen yang berlebihan maka dilakukan penelitian untuk mencari alternatif pengurangan jumlah semen, salah satunya penelitian terhadap penggunaan produk limbah dari proses industri. Hal ini disebabkan penggunaan produk limbah dapat mengurangi dampak lingkungan dari bahan baru atau produk. Selain itu, ditinjau dari segi ekonomi produk limbah berpotensi menghemat biaya perlakuan dan penyelesaian dari produk limbah (Andres,2015).

Salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan semen yaitu menggunakan metode *High Volume Fly Ash* (HVFA). HVFA dalam SCC merupakan beton yang menggunakan *fly ash* lebih dari 50% total volume binder sebagai bahan pengisinya. Penggunaan *fly ash* dengan kadar 50% bahkan lebih dari berat total binder dapat meningkatkan *workability*, kekuatan dan ketahanan dari beton tersebut (Malhotra dan Mehta, 2003). Penelitian yang dilakukan oleh Obla et al (2003) juga menyebutkan bahwa dengan jumlah *fly ash* yang dianjurkan adalah 50% dengan menggunakan proporsi *w/cm* yang rendah dengan komposisi yang tepat mampu menghasilkan beton dengan kuat awal tinggi. Berdasarkan buku Nugraha et al (2007) menyebutkan bahwa nilai *w/cm* yang dianjurkan untuk beton dengan tambahan *admixtures* adalah 0,2 hingga 0,35.

Beton memiliki berat per volume yang berbeda. Berat per volume beton terdiri dari 3 kelas yaitu beton ringan, beton normal, dan beton berat. Sejalan dengan hal ini, akibat adanya kandungan udara yang terjebak dalam beton yang tentu saja mempengaruhi berat volume beton, maka

diperlukan uji porositas. Dengan demikian, diperlukan kontrol untuk mengetahui kadar *water-binder* dalam penggunaan *High Volume Fly Ash* SCC untuk mendapatkan hasil yang optimal

Oleh karena itu, dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *water binder ratio* (w/b) dengan HVFA dalam beton SCC terhadap sifat segar beton, berat per volume beton, porositas, dan kuat tekan beton.

METODE

Rancangan penelitian dari skripsi ini yaitu untuk perhitungan kebutuhan material menggunakan SNI 03-6468-2000 tentang *Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi dengan Semen Portland dengan Abu Terbang*. Pengujian Kuat Tekan pada penelitian ini berdasarkan SNI 03-1974-2011 dengan benda uji beton berbentuk silinder dengan dimensi 10x20 cm. Untuk pengujian kuat tekan dibuat benda uji masing-masing 3 buah untuk setiap variasi campuran. Sedangkan untuk pengujian beton segar didasarkan pada ketentuan dari *European Federation of National Associations Representing of Concrete* (EFNARC).



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian Pembuatan dan pengujian beton SCC dengan HVFA baik pengujian beton segar maupun

pengujian kuat tekan dilakukan di laboratorium beton dan bahan UNESA Jurusan Teknik Sipil.

Variabel bebas adalah variabel penentu atau penduga (Suryana, 2010). Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah kadar water binder ratio dengan rentang 0,20; 0,24; 0,28; dan 0,32. Variabel terikat pada penelitian ini adalah sebagai Kuat tekan beton yang diatur dalam SNI 03-1974-2011, Sifat segar beton SCC yang sudah diatur dalam *European Federation of National Associations Representing of Concrete* (EFNARC), Berat volume beton, Porositas beton. Variabel yang dikontrol pada penelitian ini adalah Ukuran beton silinder 10x20 cm, Proses pembuatan menggunakan mixer beton, Pemeliharaan silinder beton selama 7,14, dan 28 hari, Kadar *fly ash* adalah 50%, *Mix design* sesuai dengan SNI 03-6468-2000.

Berdasarkan variabel bebas dalam penelitian ini yaitu kadar water binder ratio maka dapat ditentukan jumlah benda uji dari penelitian ini dijelaskan dalam Tabel 3.1

Tabel 3.2 Jumlah Uji Coba Bahan

No	Uji FAS	Uji Kuat Tekan			Uji Porositas	Jumlah Benda Uji
		7	14	28		
1	0,20	3	3	3	1	10
2	0,24	3	3	3	1	10
3	0,28	3	3	3	1	10
4	0,32	3	3	3	1	10
Jumlah						40

Teknik pengumpulan data pada penelitian ialah dengan analisis dari data yang telah diujikan. Data yang dimaksud adalah data kuat tekan, hasil uji beton segar, porositas dan berat volume dari beton dari masing-masing tiap variabel. Pengujian kuat tekan dari beton mengacu pada SNI 03-1974-2011 dan didapatkan data berupa beban tekan maksimum dan luas benda uji, dengan hasil akhir berupa beban persatuan luas. Sedangkan mengenai uji beton segar berdasarkan kriteria dari *European Federation of National Associations Representing of Concrete* (EFNARC).

Pengolahan data yaitu dengan menganalisa data dari hasil pengujian yang dilakukan dan dikorelasikan berdasarkan penelitian maupun buku. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik disertai dengan informasi mengenai hasil dari tabel dan grafik.

HASIL PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Hasil Uji Laboratorium

Tabel 4.1 Hasil Uji Bahan Agregat Halus

No	Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis SSD	2,356 gr/cm ³
2	Berat Jenis Kering	2,206 gr/cm ³
3	Berat Volume	1547,535 kg/m ³
4	Zone Gradasi	Zona 2
5	Kehalusan Butiran	2,92
6	Kotoran Organik	Bening

Berdasarkan hasil pengujian Tabel 4.1 dapat ditarik kesimpulan bahwa bahan telah memenuhi persyaratan ASTM C.33 dan tergolong normal. Hal ini dikarenakan berat isi agregat halus tidak kurang dari 1200 kg/m³. Berat jenis agregat berada diantara 2,0 hingga 3,0. Modulus kehalusan butiran berada diantara 2,3 sampai 3,1 yaitu 2,92. Kadar zat organik berwarna bening sehingga sesuai dengan ASTM C-33

Tabel 4.2 Hasil Uji Agregat Kasar

No	Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis	2,77 gr/cm ³
2	Berat Volume	1475,82 kg/m ³
3	Kehalusan Butiran	6,536

Berdasarkan hasil pengujian Tabel 4.2 dapat ditarik kesimpulan bahwa bahan memenuhi persyaratan SII.0052.80. Agregat kasar memiliki modulus halus butir 6,0 sampai 7,1. Berat jenis agregat berada diantara 2,0 hingga 3,0. dan Berat volume diantara 1000 kg/m³ sampai 2000 kg/m³.

Tabel 4.3 Hasil Uji Semen

No	Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis	3,07 gr/cm ³

Berdasarkan hasil pengujian Tabel 4.3 dapat ditarik kesimpulan bahwa bahan memenuhi persyaratan ASTM C-188 dimana berat jenis berkisar 3,05 hingga 3,25 gr/cm³.

Tabel 4.4 Hasil Uji Fly Ash

No	Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis	2,63 gr/cm ³
2	Tipe Fly Ash	Tipe C

Tabel 4.5 Kandungan *Fly Ash* dengan XRF

No	Kandungan	Kadar
1	Al ₂ O ₃	11 %
2	SiO ₂	29,5 %
3	K ₂ O	1,18 %
4	CaO	16,9 %
5	TiO ₂	1,38 %
6	V ₂ O ₅	0,04 %
7	Cr ₂ O ₃	0,083 %
8	MnO	0,32 %
9	Fe ₂ O ₃	35,55 %
10	NiO	0,03 %
11	CuO	0,061 %
12	SrO	0,48%
13	MoO ₃	2,3 %
14	BaO	0,32 %
15	Eu ₂ O ₃	0,35 %
16	Yb ₂ O ₃	0,04%
17	Re ₂ O ₇	0,31%

Berdasarkan hasil pengujian Tabel 4.5 dapat ditarik kesimpulan bahwa bahan *fly ash* dikategorikan sebagai kelas C menurut ASTM C618-86. Hal ini dikarenakan kandungan CaO diatas 10%. Selain itu SiO₂+ Al₂O₃+Fe₂O₃ lebih dari 50%. *Fly Ash* dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batu bara.

2. Hasil Mix Design

Tabel 4.6 Proporsi Campuran dengan *w/b ratio* 0,20

No	Proporsi	Per m ³	Per Silinder
1	Air	155,382 l	0,244 l
2	Semen OPC	420,948 kg	0,661 kg
3	<i>Fly Ash</i>	360,617 kg	0,566 kg
4	Agregat Kasar	615,367 kg	0,966 kg
5	Pasir	803,086 kg	1,261 kg

Tabel 4.7 Proporsi Campuran dengan *w/b ratio* 0,24

No	Proporsi	Per m ³	Per Silinder
1	Air	155,382 l	0,244 l
2	Semen OPC	350,790 kg	0,551 kg
3	<i>Fly Ash</i>	300,514 kg	0,472 kg
4	Agregat Kasar	666,008 kg	1,045 kg
5	Pasir	869,177 kg	1,365 kg

Tabel 4.8 Proporsi Campuran dengan *w/b ratio* 0,28

No	Proporsi	Per m ³	Per Silinder
1	Air	155,382 l	0,244 l
2	Semen OPC	300,677 kg	0,472 kg
3	<i>Fly Ash</i>	257,584 kg	0,404 kg
4	Agregat Kasar	702,181 kg	1,102 kg
5	Pasir	916,384 kg	1,439 kg

Tabel 4.9 Proporsi Campuran dengan *w/b ratio* 0,32

No	Proporsi	Per m ³	Per Silinder
1	Air	155,382 l	0,244 l
2	Semen OPC	263,093 kg	0,413 kg
3	<i>Fly Ash</i>	225,386 kg	0,354 kg
4	Agregat Kasar	729,310 kg	1,145 kg
5	Pasir	951,790 kg	1,494 kg

Berdasarkan Tabel 4.6 sampai Tabel 4.9 dapat disimpulkan bahwa dengan adanya perbedaan *w/b ratio* menyebabkan perbedaan komposisi *mix design*. Tiap *w/b ratio* memiliki nilai air yang tetap, dimana ditentukan bahwa nilai kadar air yaitu 155,382 liter. Kondisi tersebut menyebabkan adanya perbedaan pada proporsi semen, *fly ash* sebagai penentunya. Semakin tinggi nilai *w/b ratio* maka semakin rendah komposisi semen OPC dan *fly ash* atau yang disebut dengan binder. Sedangkan untuk komposisi agregat kasar dan pasir mengalami peningkatan komposisi. Hal ini disebabkan karena penyesuaian agregat kasar dan halus terhadap berat volume beton per m³ yang dipengaruhi oleh berat jenis masing-masing agregat.

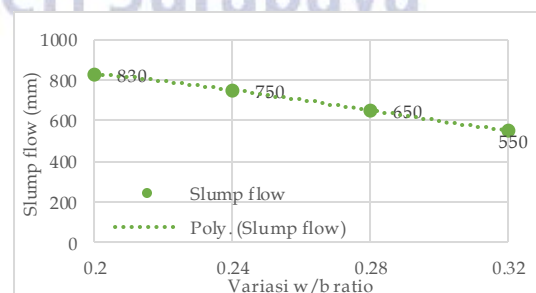
Kadar *superplasticizer* sebagai *admixture* dilakukan sesuai dengan kondisi di lapangan, sehingga untuk tiap *mix design* memiliki kadar yang berbeda. Hal ini dilakukan agar beton tersebut tidak mengalami keadaan *bleeding* maupun segregasi. Kadar *superplasticizer* ditentukan oleh volume binder. Hal ini sesuai dengan brosur dari produk Sika Viscocrete 1003.

B. Pembahasan

1. Hubungan antara Nilai *w/b ratio* terhadap Beton Segar

Tabel 4.10 Hasil Beton Segar tiap *w/b ratio*

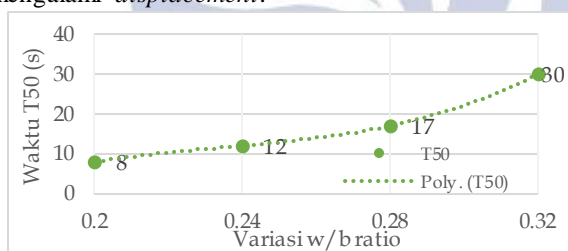
Beton	<i>Slump flow</i>	Uji T50	V-funnel	L-box
<i>w/b</i> 0,20	830 mm	8 s	25 s	0.875
<i>w/b</i> 0,24	750 mm	12 s	24 s	0.850
<i>w/b</i> 0,28	650 mm	17 s	22 s	0.828
<i>w/b</i> 0,32	560 mm	30 s	19 s	0.815



Gambar 4.1 Hubungan *w/b ratio* dengan *slump-flow*

Berdasarkan **Tabel 4.10** dan **Gambar 4.1** nilai *Slump flow* terbesar yaitu 830 mm yang terdapat *w/b ratio* 0,20. Sedangkan nilai *Slump flow* terkecil yaitu 550 mm yang terdapat *w/b ratio* 0,32. Jika diamati maka dapat disimpulkan bahwa semakin rendah nilai *w/b ratio* maka semakin tinggi nilai *Slump flow*. Pola *trendline* dari grafik ditunjukkan dalam bentuk *polyline*. Selain itu, semua variabel memenuhi persyaratan dari EFNARC (2005) yang menyatakan bahwa nilai *Slump flow* memiliki rentang 550-850 mm.

Setiap *w/b ratio* menunjukkan perilaku dari beton. Pengujian *Slump flow* yang ada di **Tabel 4.10** menunjukkan beton dengan *w/b ratio* 0,20 dikategorikan beton SF3 (*Slump Flow 3*) dimana beton tersebut memiliki rentang 760-850 mm yang berfungsi untuk struktur yang padat dan struktur dengan bentuk yang kompleks. Beton *w/b ratio* 0,24 dikategorikan beton SF 2 yang memiliki rentang 660-750 mm berfungsi untuk aplikasi beton normal. Beton *w/b ratio* 0,28 dan 0,32 dikategorikan beton SF1 memiliki rentang 550-650 mm berfungsi untuk beton dengan penuangan menggunakan *pump injection system* dan beton dengan tulangan tidak rapat yang tidak mengalami *displacement*.

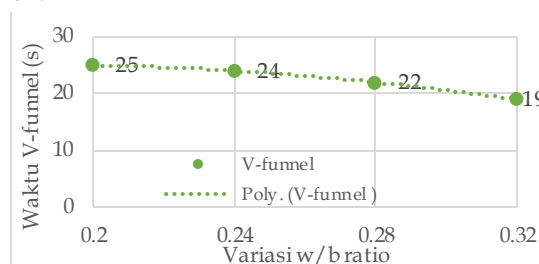


Gambar 4.2 Hubungan w/b ratio dengan hasil Uji T50

Berdasarkan **Tabel 4.10** dan **Gambar 4.2** waktu Uji T50 tercepat yaitu 8 detik yang terdapat *w/b ratio* 0,20. Sedangkan waktu Uji T50 terlambat yaitu 30 detik yang terdapat *w/b ratio* 0,32. Pola *trendline* dari grafik ditunjukkan dalam bentuk *polyline*. Jika diamati maka dapat disimpulkan bahwa semakin rendah nilai *w/b ratio* maka semakin cepat waktu Uji T50. Semua beton dikategorikan SF2 karena memiliki waktu lebih dari 2 detik (EFNARC,2005).

Grafik uji *V-funnel* (**Gambar 4.3**) menunjukkan bahwa nilai terkecil dari *v-funnel* berada pada *w/b ratio* 0,32 dengan nilai 19 detik (s). Untuk nilai terbesar berada pada *w/b ratio* 0,20 yaitu 25 detik. Pola *trendline* dari grafik ditunjukkan dalam bentuk *polyline*. Secara keseluruhan antar variabel memiliki rentang yang tidak begitu besar dan semakin besar nilai *w/b ratio* maka terjadi penurunan pada waktu

yang dihasilkan oleh *V-funnel*. Pengujian *V-funnel* ini memenuhi persyaratan dari EFNARC (2005) bahwa waktu yang dibutuhkan oleh *v-funnel* adalah 6-25 detik.

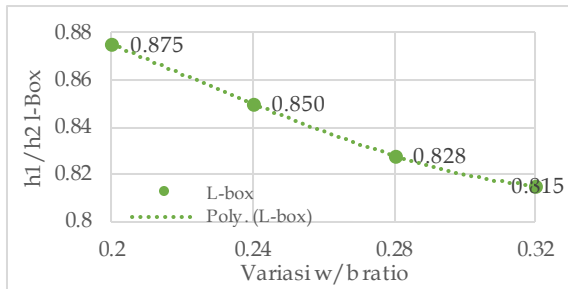


Gambar 4.3 Hubungan w/b ratio dengan hasil *V-funnel*

Semua beton dikategorikan sebagai beton VF2 (*V-Funnel 2*) dimana beton tersebut memiliki viskositas tinggi serta menunjukkan perilaku sifat *thixotropic*. Sifat *thixotropic* yaitu sifat dari fluida dimana viskositas seolah-olah semakin lama semakin berkurang meskipun laju gesernya tetap. Apabila terdapat gaya yang bekerja pada fluida ini maka viskositasnya menurun (Setiawan,2008). Dalam hal ini, Beton tersebut dapat membantu untuk mengurangi tekanan pada bekisting karena viskositasnya rendah atau meningkatkan resistensi segregasi.

Hubungan antara *w/b ratio* dengan hasil *L-box* dapat dilihat dari **Gambar 4.4** bahwa semakin rendah nilainya maka hasil yang dihasilkan lebih besar. Nilai *L-box* terbesar yaitu 0,875 yang dimiliki oleh *w/b ratio* 0,20. Untuk nilai *L-box* terkecil yaitu 0,815 yang dimiliki oleh *w/b ratio* 0,32. Pola *trendline* dari grafik ditunjukkan dalam bentuk *polyline*. Pengujian *L-box* yang dilakukan telah memenuhi kriteria yang ditentukan oleh EFNARC (2005) yaitu memiliki rentang 0,8-1,0. Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dikategorikan sebagai PA 2 (*Passing Ability 2*) karena memiliki nilai lebih dari 0,8 dengan lewatan 3 tulangan. Kategori ini digunakan untuk konstruksi struktur bangunan.

Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dikategorikan sebagai PA 2 (*Passing Ability 2*) karena memiliki nilai lebih dari 0,8 dengan lewatan 3 tulangan. Kategori ini digunakan untuk konstruksi struktur bangunan. Oleh sebab itu, dapat ditarik kesimpulan bahwa Beton *w/b ratio* 0,20 dapat digunakan untuk struktur yang kompleks tetapi memiliki sifat *thixotropic*. Beton *w/b ratio* 0,24 digunakan untuk aplikasi normal dengan sifat *thixotropic*. Sedangkan beton 0,28 dan 0,32 digunakan untuk beton dengan tulangan tidak terlalu padat dengan sifat *thixotropic*.



Gambar 4.4 Hubungan w/b ratio dengan hasil L-box

Penggunaan HVFA yaitu penambahan *Fly Ash* dengan kadar 50% dalam beton SCC tentu memiliki beberapa tujuan. Berdasarkan Gambar 4.6 Hasil *Mix Design* dapat dilihat bahwa semakin rendah nilai *w/b ratio* maka semen yang dibutuhkan semakin banyak, sedangkan pada faktanya penggunaan semen yang berlebihan tidak baik untuk lingkungan, oleh sebab itu dibutuhkan bahan untuk mengurangnya yaitu limbah salah satunya *Fly Ash* yang berperan sebagai aditif. Berdasarkan Paul (2007), bahan mineral pembantu (aditif) ditambahkan untuk mengurangi *bleeding* dan menambah kelecakan beton segar. Butiran *Fly Ash* memiliki bentuk bola (*spherical*) sehingga menghasilkan kelecakan yang lebih baik karena memiliki efek *Ball-bearing*.

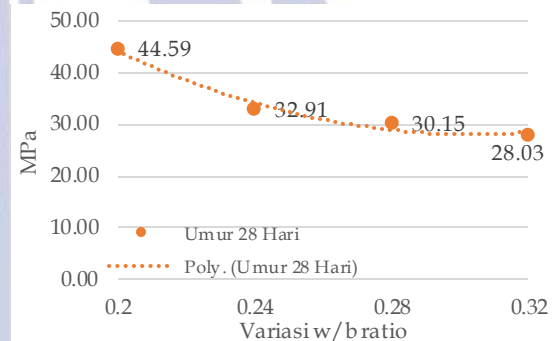
Menurut Khayat et al (2000), menyatakan bahwa semakin tinggi jumlah bahan pengisi yang ditambahkan dalam campuran beton, maka viskositas campuran beton akan meningkat. Viskositas beton yang tinggi akan memperlambat pengaliran beton tersebut. Sebaliknya, semakin rendah jumlah bahan pengisi yang dimasukkan dalam campuran beton, maka akan membuat nilai viskositas cenderung menurun yang akan mengakibatkan agregat kasar tertahan di muka tulangan (*segregasi*), sehingga dapat menghalangi pengaliran beton. Oleh karena itu, dalam beton ini memiliki nilai pengaliran yang rendah pada *w/b ratio* rendah khususnya pada pengujian *V-funnel*.

Kejadian yang terjadi pada *w/b ratio* yang lebih tinggi disebabkan oleh perilaku matriks. Matriks berfungsi sebagai pelumas antar butir agregat dan memisahkan butir agregat, mencegah kontak langsung, tetapi tetap memegang agregat menjadi satu dalam keadaan terpisah. Matriks dengan *w/b ratio* yang rendah cenderung kaku, akan tetapi jika *w/b ratio* tinggi, matriks begitu tipis sehingga tidak mampu memisahkan butir agregat dan menahannya sebagai masa kohesif (Mulyono, 2007). Oleh karena itu, *w/b ratio* tinggi mengakibatkan matriks tidak memiliki plastisitas dan kelecakan yang cukup serta cenderung mengalami *segregasi* dan *bleeding*, tetapi

pada penelitian ini tidak terjadi *segregasi* dan *bleeding* karena kontrol dari *superplasticizer*.

2. Hubungan antara Nilai *w/b ratio* terhadap Kuat Tekan

Berdasarkan Gambar 4.5 kuat tekan yang paling besar terdapat pada beton *w/b ratio* 0,20 dengan nilai 44,59 MPa. Sedangkan yang terkecil berada pada nilai kuat tekan beton 0,32 dengan nilai 28,03 MPa. Pola *trendline* dari grafik ditunjukkan dalam bentuk *polyline*. Nilai kuat tekan cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya nilai *w/b ratio*. Hal ini sebanding dengan Duff Abrams (1920) dalam buku Mulyono (2003) yang menyatakan bahwa semakin rendah nilai FAS atau *w/b ratio* maka nilai kuat tekan semakin naik, begitupun sebaliknya.



Gambar 4.5 Grafik Kuat Tekan Umur 28 Hari

Penyebab peningkatan nilai kuat tekan pada *w/b ratio* yaitu komposisi *mix design*, dimana nilai binder atau semen dan *fly ash* yang lebih banyak. Sehingga menghasilkan pengikatan pada beton akibat hidrasi semen yang tentu akan meningkatkan nilai kuat tekan beton. *High Volume Fly Ash* atau penggunaan *Fly Ash* dengan presentase 50% dimaksudkan selain mengganti semen yang berlebih juga berfungsi sebagai mineral aditif atau mineral pengisi dari beton. Partikel *Fly Ash* hampir sama dengan ukuran semen (Mulyono, 2003) sehingga dapat digunakan sebagai alternatif untuk menggantikan semen. *Fly ash* memiliki material *pozzolan* yaitu memiliki kandungan silika dan alumina yang jika bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dilepaskan oleh semen saat proses hidrasi akan membentuk senyawa yang bersifat mengikat (C-S-H) pada temperatur normal dengan adanya tambahan air.

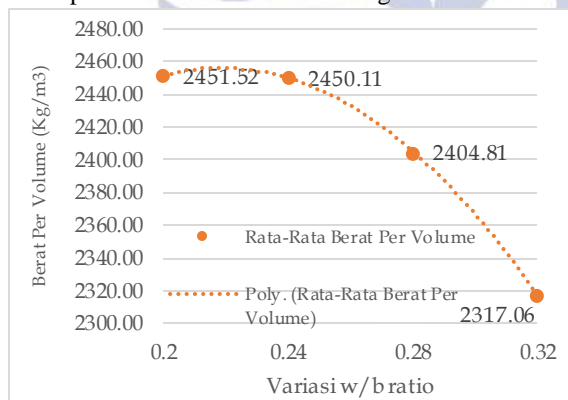
Nilai dari kuat tekan beton yang semakin lama semakin menurun seiring dengan perubahan variasi *w/b ratio* mengindikasikan bahwa nilai *w/b ratio* berpengaruh terhadap kuat tekan. Jika disebutkan dalam penelitian sebelumnya Anggini (2014) bahwa untuk beton HVFA SCC dengan komposisi 50% semen mampu menghasilkan nilai kuat tekan 20,372

MPa dengan nilai *w/b ratio* 0,29. Menurut Tri Mulyanto (2015) nilai kuat tekan beton mencapai 43,33 MPa dengan nilai *w/b ratio* 0,295. Sedangkan, nilai kuat tekan untuk penelitian ini mencapai nilai optimum pada variasi *w/b ratio* 0,20 dengan nilai kuat tekan 44,39 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *w/b ratio* berpengaruh terhadap nilai kuat tekan.

Grafik kuat tekan secara keseluruhan menunjukkan bahwa adanya peningkatan nilai kuat tekan seiring menurunnya nilai *w/b ratio*. Meskipun setiap variasi menunjukkan perbedaan nilai kuat tekan yang berbeda-beda akan tetapi menunjukkan peningkatan kuat tekan. Pola *trendline* dari grafik ditunjukkan dalam bentuk *polyline*. Hal ini disebabkan peningkatan nilai hidrasi semen. Hidrasi dipengaruhi oleh faktor umur dan suhu. Semakin tua umurnya, maka makin tinggi kuat tekannya tetapi peningkatan tersebut tidak berlangsung secara linear.

3. Hubungan antara Nilai *w/b ratio* terhadap Berat Per Volume

Berat per volume adalah perbandingan antara berat beton dengan volume beton. Berat per volume digunakan untuk mengklasifikasikan beton. Beton ringan memiliki berat per volume 1900 kg/m³. Beton normal memiliki berat per volume 2200-2400 kg/m³. Sedangkan untuk beton berat adalah beton dengan berat per volume lebih dari 2400 kg/m³.



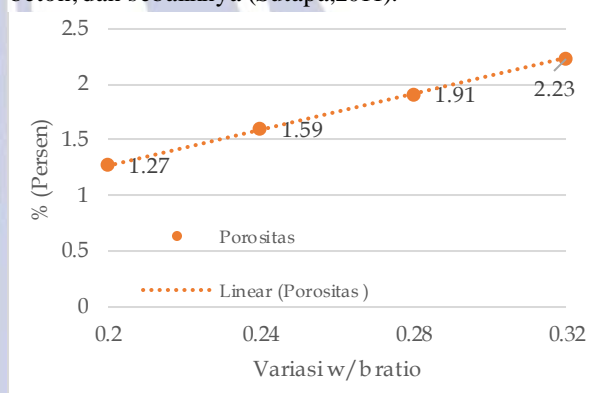
Gambar 4.6 Grafik Berat Per Volume

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat dilihat hampir semua beton tergolong dalam jenis beton berat. Akan tetapi pada beton dengan *w/b ratio* 0,32 memiliki nilai berat per volume yang tergolong normal. Semakin tinggi nilai *w/b ratio* nilai berat per volume semakin rendah. Pola *trendline* dari grafik ditunjukkan dalam bentuk *polyline*. Adanya perbedaan dalam nilai berat per volume menurut SNI 1973:2008 disebabkan karena perbedaan komposisi agregat, jika beton yang digunakan memiliki jumlah semen lebih sedikit maka rongga udara yang dihasilkan lebih banyak seperti yang ada pada beton

w/b ratio 0,32. Selain itu, proses pemadatan juga berpengaruh dalam hasil berat per volume beton.

4. Hubungan antara Nilai *w/b ratio* terhadap Porositas

Porositas diartikan sebagai perbandingan volume yang dapat ditempati fluida (pori-pori) terhadap volume total beton. Ruang pori pada beton umumnya terjadi akibat kesalahan dalam pelaksanaan dan pengecoran seperti faktor air-semen yang berpengaruh pada lekatan antara pasta semen dengan agregat, besar kecilnya nilai *slump*, pemilihan tipe susunan gradasi agregat gabungan, maupun terhadap lamanya pemadatan. Semakin tinggi tingkat kepadatan pada beton maka semakin besar mutu beton, dan sebaliknya (Sutapa, 2011).

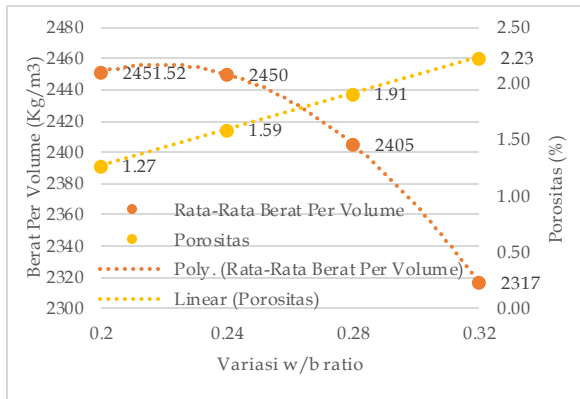


Gambar 4.7 Grafik Hubungan *w/b ratio* dengan Porositas

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat kita simpulkan bahwa semakin tinggi nilai *w/b ratio* maka semakin tinggi nilai porositas beton. Porositas beton terbesar berada pada nilai 0,32 yaitu dengan persentase 2,23%. Untuk kenaikan setiap *w/b ratio* 0,1, porositas mengalami kenaikan sebesar 0,8%. Pola *trendline* dari grafik ditunjukkan dalam bentuk *linear*. Hal ini dapat dikatakan komposisi semen dan agregat berpengaruh terhadap porositas. Semakin besar nilai semen pada beton maka akan mengakibatkan porositas semakin kecil karena partikel-partikel halus semen atau *fly ash* mengisi rongga-rongga dari beton.

5. Hubungan antara Berat Per Volume terhadap Porositas

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi nilai *w/b ratio* maka nilai Berat Per Volume semakin rendah sedangkan yang terjadi pada Porositas adalah sebaliknya. Jika nilai *w/b ratio* semakin kecil maka Porositas semakin kecil. Sehingga hubungan antara Berat Per Volume dengan Porositas berbanding terbalik.

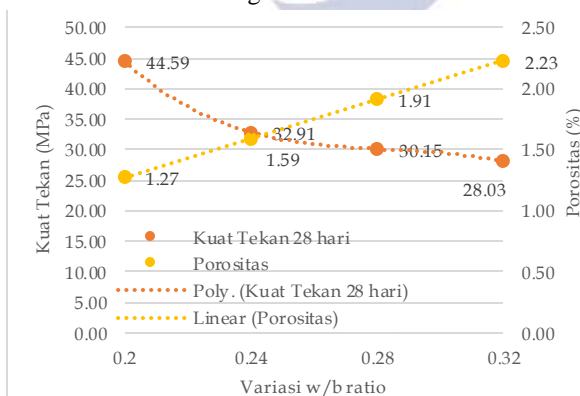


Gambar 4.8 Hubungan antara Berat Per Volume dengan Porositas

Nilai Berat per volume dan Porositas dipengaruhi oleh kadar binder dari campuran beton. Hal ini disebabkan nilai binder yang semakin besar akan menempati rongga-rongga udara yang ada karena air pada proses hidrasi beton. Sehingga berat per volume beton tinggi karena void pada beton berkurang. Jika ditinjau dari Gambar 4.1 dan Gambar 4.2, Beton *w/b ratio* 0,20 memiliki nilai binder paling besar dibandingkan varian beton lainnya. Maka dapat disimpulkan bahwa jika Berat Per Volume beton tersebut tinggi maka porositas rendah.

6. Hubungan antara Porositas terhadap Kuat Tekan

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi nilai *w/b ratio* maka Porositas semakin rendah sedangkan yang terjadi pada Kuat Tekan adalah sebaliknya. Jika nilai *w/b ratio* semakin kecil maka Kuat Tekan semakin besar. Sehingga hubungan antara Porositas dengan Kuat Tekan berbanding terbalik.



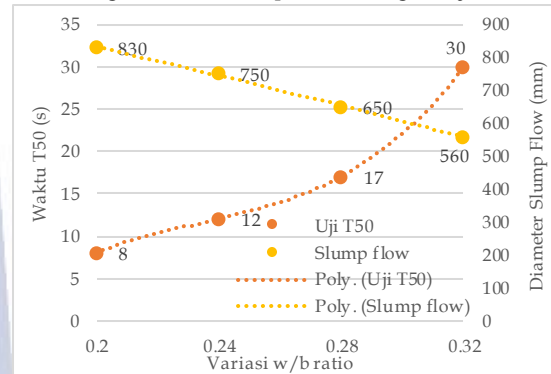
Gambar 4.9 Hubungan antara Porositas dengan Kuat Tekan

Nilai Kuat Tekan dan Porositas dipengaruhi oleh kadar binder dari campuran beton. Hal ini disebabkan jika binder lebih banyak akan terjadi pengikatan pada beton lebih tinggi. Sehingga dengan pengikatan lebih tinggi tentu akan berpengaruh pada kekuatan beton

yang semakin tinggi juga. Porositas yang rendah menunjukkan bahwa pori dalam beton sedikit karena pengikatan yang tinggi. Jika ditinjau dari Tabel 4.6, Beton *w/b ratio* 0,20 memiliki nilai binder paling besar dibandingkan varian beton lainnya. Maka dapat disimpulkan bahwa jika Kuat Tekan beton tersebut tinggi maka porositas rendah.

7. Hubungan Antara Nilai Segar Water Binder Ratio

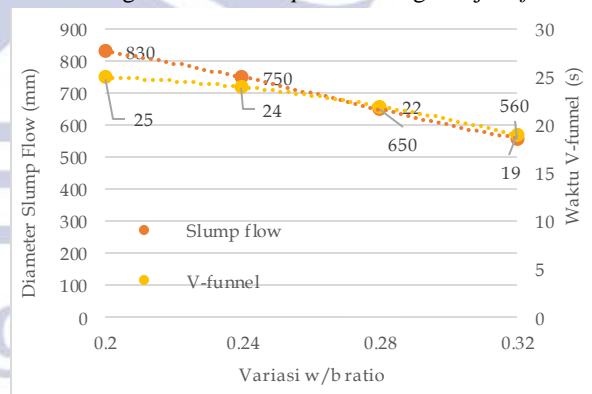
a. Hubungan antara Slump Flow dengan Uji T50



Gambar 4.10 Hubungan Hasil Uji T50 dengan Slump flow

Berdasarkan Gambar 4.10 hasil Uji T50 memberikan gambaran bahwa jika semakin kecil *w/b ratio* maka waktu yang dibutuhkan beton untuk mencapai diameter 50 cm semakin cepat. Hasil dari Slump Flow semakin rendah nilai *w/b ratio* semakin besar diameter Slump flow. Kesimpulannya, hasil Uji T50 dan Uji Slump Flow saling berbanding terbalik meskipun keduanya memiliki fungsi yang sama.

b. Hubungan antara Slump Flow dengan Uji V-funnel

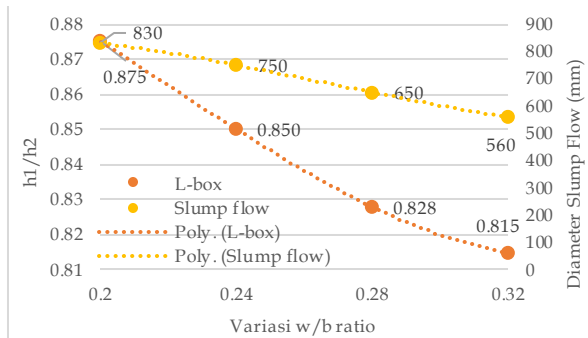


Gambar 4.11 Hubungan Hasil Slump Flow dengan V-funnel

Berdasarkan Gambar 4.11 hasil Uji Slump Flow memberikan gambaran bahwa jika semakin kecil *w/b ratio* maka diameter Slump Flow semakin lebar. Sedangkan untuk Uji V-funnel memiliki gambaran bahwa semakin rendah nilai *w/b ratio* semakin besar waktu yang

diperlukan. Kesimpulannya, hasil Uji *Slump Flow* dan Uji *V-funnel* saling berbanding lurus

c. Hubungan antara *Slump Flow* dengan Uji *L-Box*

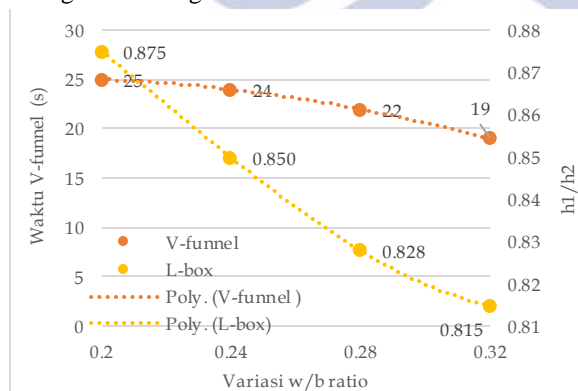


Gambar 4.12 Hubungan Antara *Slump Flow* dengan Uji *L-Box*

Berdasarkan Gambar 4.12 hasil Uji *Slump Flow* memberikan gambaran bahwa jika semakin kecil *w/b ratio* maka diameter *Slump Flow* semakin lebar. Sedangkan untuk Uji *L-Box* memiliki gambaran bahwa semakin rendah nilai *w/b ratio* semakin besar nilai h_1/h_2 . Kesimpulannya, hasil Uji *Slump Flow* dan Uji *L-Box* saling berbanding lurus.

d. Hubungan antara *V-funnel* dengan Uji *L-Box*

Berdasarkan Gambar 4.13 hasil Uji *V-funnel* memberikan gambaran bahwa jika semakin kecil *w/b ratio* maka waktu semakin lambat. Sedangkan untuk Uji *L-Box* memiliki gambaran bahwa semakin rendah nilai *w/b ratio* semakin besar h_1/h_2 . Kesimpulannya, hasil Uji *V-funnel* dan Uji *L-Box* saling berbanding lurus.

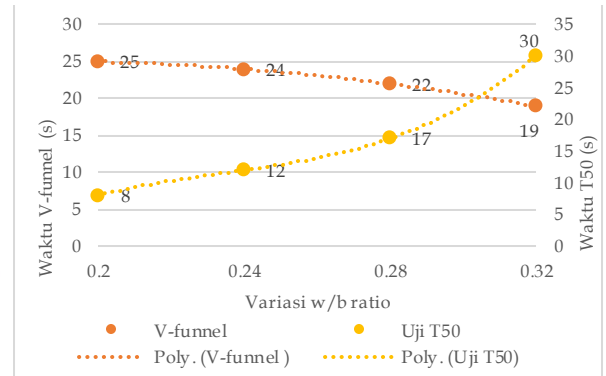


Gambar 4.13 Hubungan Antara *V-funnel* dengan *L-Box*

e. Hubungan antara *V-funnel* dengan Uji T50

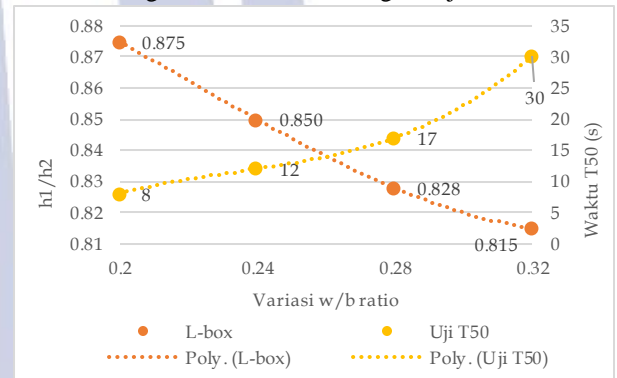
Berdasarkan Gambar 4.14 hasil Uji *V-funnel* memberikan gambaran bahwa jika semakin kecil *w/b ratio* maka waktu *V-funnel* semakin lambat. Sedangkan untuk Uji T50 memiliki gambaran bahwa semakin rendah nilai *w/b ratio* semakin cepat waktu yang diperlukan. Kesimpulannya, hasil

Uji *V-funnel* dan Uji T50 saling berbanding terbalik.



Gambar 4.14 Hubungan Antara *V-funnel* dengan Uji *L-Box*

f. Hubungan antara *L-Box* dengan Uji T50



Gambar 4.15 Hubungan Antara *L-Box* dengan Uji T50

Berdasarkan Gambar 4.15 hasil Uji *L-Box* memberikan gambaran bahwa jika semakin kecil *w/b ratio* maka h_1/h_2 semakin besar. Sedangkan untuk Uji T50 memiliki gambaran bahwa semakin rendah nilai *w/b ratio* semakin lambat waktu yang diperlukan. Kesimpulannya, hasil Uji *L-Box* dan Uji T50 saling berbanding terbalik.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi *water binder ratio* (*w/b*) dengan HVFA dalam beton SCC terhadap sifat segar beton adalah

- Pengujian dengan *Slump Flow* menunjukkan beton yang semakin rendah nilai *w/b ratio* maka semakin tinggi nilai *Slump flow*. Nilai *slump flow* terlebar yaitu 830 mm.
- Pengujian dengan Uji T50 menunjukkan beton yang semakin rendah nilai *w/b ratio* maka semakin cepat waktu untuk mencapai

diameter 50 cm. Waktu tercepat yaitu 8 detik.

- c. Pengujian dengan *V-funnel* menunjukkan semakin besar nilai *w/b ratio* maka terjadi penurunan pada waktu yang dihasilkan oleh *V-funnel*. Waktu tercepat yaitu 19 detik.
 - d. Pengujian dengan *L-box* menunjukkan semakin rendah nilainya maka hasil yang dihasilkan lebih besar. Perbandingan h_1/h_2 tertinggi di angka 0,875
2. Pengaruh variasi *water binder ratio* (*w/b*) dengan HVFA dalam beton SCC dalam berat per volume beton adalah sebagian besar beton tergolong dalam jenis beton berat, tetapi pada beton dengan *w/b ratio* 0,32 memiliki nilai berat per volume yang tergolong normal.
 3. Pengaruh variasi *water binder ratio* (*w/b*) dengan HVFA dalam beton SCC dalam porositas beton adalah semakin tinggi nilai *w/b ratio* maka semakin tinggi nilai porositas beton. Porositas terbesar dimiliki oleh beton dengan *w/b ratio* 0,32 dengan porositas 2,23%. Untuk kenaikan setiap *w/b ratio* 0,1, porositas mengalami kenaikan sebesar 0,8%.
 4. Pengaruh variasi *water binder ratio* (*w/b*) dengan HVFA dalam beton SCC dalam kuat tekan beton adalah nilai kuat tekan cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya nilai *w/b ratio*. Kuat tekan yang paling besar terdapat pada beton *w/b ratio* 0,20 dengan nilai 44,59 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- (EFNARC), E. F. (2002). *Specification and Guidelines for Self Compacting Concrete*. Surrey: EFNARC.
- Andreas, F. N. (2013). *Lightweight Concrete: an alternative for Recycling Cellulose Pulp*. Elsevier.
- BSN. (2000). *SNI 03-6468-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi dengan Semen Portland dengan Abu Terang*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Drs. Muhtarom Riyadi, S. d. (2005). *Teknologi Bahan I*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- EFNARC. (2005). *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production, and Use*. EFNARC.
- Ghofur, M. A. (2017). *Pengaruh Hibridasi antara Serat Baja dan Polypropylene pada Pembuatan Beton Mutu Normal dengan Copper Slag sebagai Substitusi Pasir*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Unesa.
- International, A. (2008). *ASTM C 642-06 Standart Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*. West Conshohocken: ASTM International.
- Mulyanto, T. (2015). *Analisis Sifat Mekanis Beton SCC Mutu Tinggi dengan Pemanfaatan Teknologi High Volume Fly Ash*.
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Nasional, B. S. (2008). *SNI 1973:2008 Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran, dan Kadar Udara Beton*. Jakarta: BSN.
- Nasional, B. S. (2013). *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Nicken Anggini, P. (2014). *Pengaruh Rasio Semen-Fly Ash terhadap Sifat Segar dan Kuat Tekan High Volume Fly Ash-Self Compacting Concrete (HVFA-SCC)*. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil Vol.2 No.2/Juli 2014/1*.
- Nugraha, P. d. (2007). *Teknologi Beton*. Surabaya: Andi.
- Okamura, H. a. (2003). *Journal of Advance Technology Vol.1 No. 1: Self Compacting Concrete*. Japan Concrete Institute, 1-11.
- PMPTK, D. T. (2008). *Pendekatan, Jenis, dan Metode Penelitian Pendidikan*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Prof.Dr.Suryana, M. (2010). *Metode Penelitian*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Sari, R. A. (2015). *Pengaruh Jumlah Semen dan FAS terhadap Kuat Tekan Beton dengan Agregat yang Berasal dari Sungai*. *Jurnal Sipil Statik Vol. 3 No.1*.
- Septian, D. (2011). *Pengaruh Kadar Fly Ash sebagai Pengganti Sebagian Semen terhadap Modulus Elastisitas pada High Volume Fly Ash-Self Compacting Concrete*. *digilib.uns.ac.id*.
- Setiawan, D. (2008). *Hambatan Gesek*. FT UI.

- Sravana, D. (2013). Studies on Relationship Between Water/Binder Ratio And Compressive Strength Of High Volume Fly Ash Concrete. *American Journal of Engineering Research (AJER)*.
- Sugiharto, H., Gunawan, T., & Muntu, Y. (2006). Penelitian mengenai Peningkatan Kekuatan Awal Beton pada Self Compacting Concrete. *Civil Engineering Dimension, Vol. 8, No.2*, 87-92.
- Sutapa, A. G. (2011). Porositas, Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Agregat Kasar Batu Pecah Pasca Dibakar. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 15, No. 1, Januari 2011*.
- Universitas Negeri Surabaya. (2014). *Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi Program Sarjana Strata Satu (S-1) Unesa*. Surabaya.

