

Fresh Properties dan Kuat Tekan Self-Fiber Compacting Concrete (SFCC) dengan Bahan Tambah Silica Fume dan Serat Nylon

Fresh Properties and Compressive Strength of Self-Fiber Compacting Concrete (SFCC) with Silica Fume and Nylon Fiber

Hizrah Rumaisyah, Fadillawaty Salleh

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. *Self-fiber compacting concrete* merupakan beton berserat yang dapat memadat sendiri. Beton ini dibuat untuk mengatasi masalah pada proses pengecoran beton yang tidak bisa dijangkau oleh *vibrator*. Penelitian ini menggunakan bahan tambah *silica fume* sebagai bahan pengganti semen dengan kadar 5%, 10%, dan 15% bertujuan untuk meningkatkan nilai kuat tekan dari *self-fiber compacting concrete*, bahan tambah serat *nylon* dengan kadar 1% juga ditambahkan untuk membantu meningkatkan nilai kuat tekan dari *self-fiber compacting concrete*, selain itu *superplasticizer* jenis *Sikament LN* dengan kadar 1,5% digunakan untuk meningkatkan *workability self-fiber compacting concrete*. Sifat segar beton dengan empat metode pengujian telah memenuhi standar *efnarc*, yaitu *slump flow*, *l-box*, *v-funnel*, dan *T50*. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari. Berdasarkan hasil pengujian, *self-fiber compacting concrete* dengan variasi *silica fume* 5% memberikan hasil kuat tekan yang terbaik yaitu sebesar 34 MPa. Semakin tinggi kadar *silica fume* yang ditambahkan pada campuran beton maka tingkat *workability* beton akan semakin berkurang karena sifat *silica fume* yang menyerap air.

Kata kunci: *self-fiber compacting concrete*, *silica fume*, kuat tekan, dan *sikmanent LN*.

Abstract. *Self-fiber compacting concrete* is fibrous concrete that can compact itself. This concrete is made to overcome problems in the concrete casting process that cannot be reached by a vibrator. This study uses additional material of silica fume as a cement substitute with levels of 0%, 5%, 10%, and 15% which aims to increase the compressive strength of self-fiber compacting concrete. Additional material of nylon fiber with a content of 1% is also added to help increasing the compressive strength of self-fiber compacting concrete, besides that the 1.5% Sikament LN type superplasticizer is used to enhance the workability of self-fiber compacting concrete. The fresh nature of concrete with four testing methods has met the EFNARC standard, namely slump flow, l-box, v-funnel, and T50. The test of compressive strength was carried out at 7, 14 and 28 days of concrete. Based on the test results, self-fiber compacting concrete with a variation of 5% silica fume gives the best compressive strength of 34 MPa. The higher the level of silica fume added to the concrete mixture, the lower the level of workability of the concrete will be. It is because of the fume properties that absorb water.

Keywords: *self-fiber compacting concrete*, *silica fume*, *compressive strength*, and *sikmanent LN*.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan Negara berkembang yang sedang banyak melakukan pembangunan, baik pembangunan jalan maupun gedung. Umumnya bangunan ini menggunakan beton sebagai material. Proses pengecoran beton di lapangan membutuhkan *vibrator* maupun *compactor* untuk memadatkan beton segar agar tidak terdapat rongga udara dalam beton, jika dalam beton terdapat rongga udara akan menyebabkan pengurangan mutu beton. Kenyataannya tidak

semua tempat di proyek terjangkau oleh *vibrator* maupun *compactor*. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan material *self-fiber compacting concrete* (SFCC), beton jenis ini mempunyai karakteristik dapat memadat dengan sendirinya tanpa menggunakan alat *vibrator* karena memiliki tingkat *fluidity* yang tinggi.

Salam dkk. (2018) melakukan pengujian untuk mengetahui indikator daya tahan *self-consolidating high-strength concrete* dengan bahan tambah abu bakar kelapa sawit. Garcia

(2018) melakukan pengujian sifat-sifat keadaan segar dari *self-consolidating concrete* dengan *meta-analysis* dari desain campuran yang bertujuan untuk mendapatkan model statistic perilaku keadaan segar SCC. Yunfen dkk. (2016) melakukan pengujian untuk membandingkan pengaruh *metakolin* dan *silica fume* terhadap kuat tekan beton *fly ash*. Soltani (2017) melakukan pengujian tentang pengaruh mineral tanah liat terkalsinasi dan *silica fume* terhadap kuat tekan beton.

Khan (2017) melakukan penelitian untuk menguji kinerja beton yang dicampur dengan bahan pozzolan di lingkungan laut. Laichaoui dkk. (2018) melakukan penelitian untuk menguji pengaruh jenis *superplasticizer* pada sifat semen dengan *slag*. Alsubari dkk. (2015) melakukan penelitian tentang pemanfaatan olahan abu bakar kelapa sawit dalam volume tinggi hingga 50% dari berat semen, penggunaan semen *portland* diganti dengan abu bakar kelapa sawit sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, dan 50%. Nosraty dkk. (2015) menguji perilaku tarik dan tekan dari komposit murni dan komposit *hybrid* yang diperkuat oleh *basalt-nylon bi woven*. Aiad dkk. (2016) melakukan penelitian untuk menguji pengaruh *superplasticizer* berbasis *cyclohexanone* pada kuat tekan, sifat fisik, dan sifat kimia pasta semen. Xiang dan Frey (2016) menguji kuat tarik, *modulus young*, dan ketangguhan serat nilon. *Single-walled carbon nanotubes* (CNTs) digunakan sebagai penguat untuk meningkatkan kekuatan *nylon electrospun 6 nanofibers*.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi jumlah *silica fume* yang digunakan sebagai bahan pengganti semen dan penambahan serat *nylon* yang tetap yaitu sebesar 1% dari berat semen terhadap kuat tekan beton *self-fiber compacting concrete*.

2. Metode Penelitian

Bahan

Agregat halus (pasir)

Agregat halus (pasir) yang digunakan pada penelitian ini berasal dari kali progo. Sifat-sifat mekanik pasir yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Sifat mekanik agregat halus (pasir)

| No | Pengujian | Satuan | Nilai |
|----|----------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | Gradasi | - | Memenuhi standar ASTM |
| 2 | Kadar air | % | 1,970 |
| 3 | Berat jenis | - | 2,825 |
| 4 | Penyerapan air | % | 2,814 |
| 5 | Berat satuan | gr/cm ³ | 1,721 |
| 6 | Kadar lumpur | % | 4,000 |

Agregat kasar (kerikil)

Agregat kasar (kerikil) yang digunakan berasal dari Clereng, kulon Progo. Sifat-sifat mekanik kerikil yang digunakan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Sifat mekanik agregat kasar (kerikil)

| No | Pengujian | Satuan | Nilai |
|----|-----------------|--------------------|-------|
| 1 | Berat jenis | - | 2,578 |
| 2 | Penyerapan air | % | 2,822 |
| 3 | Berat satuan | gr/cm ³ | 1,531 |
| 4 | Kadar lumpur | % | 4,910 |
| 5 | Keausan agregat | % | 32,87 |
| 6 | Kadar air | % | 3,710 |

Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semen *holcim powermax* (jenis PCC)

Air

Air yang digunakan yaitu air dari laboratorium teknik sipil UMY.

Silica fume

Silica fume adalah salah satu jenis pozzolan atau bahan yang mengandung senyawa silica dan alumina, penelitian ini menggunakan *silica fume* dari PT. Sika Indonesia.

Superplasticizer

Superplasticizer yang digunakan yaitu *sikament LN* dari PT. Sika Indonesia.

Serat

Serat yang digunakan pada penelitian ini adalah *nylon* yang di potong dengan panjang 5 cm. Serat *nylon* digunakan sebanyak 1% dari berat semen.

Alat

Alat uji *fresh properties*

Alat uji *fresh properties* terdiri dari meja sebar T50 untuk menguji flowabilitas

segar beton, *v-funnel* untuk menguji viskositas dan *filling ability* beton, dan *l-box* untuk mengukur kemampuan *passing ability* beton.

Concrete Mixer

Concrete Mixer digunakan sebagai alat untuk mencampur adukan beton.

Silinder cetakan

Silinder cetakan digunakan sebagai alat untuk mencetak beton.

Compression machine test

Compression machine test adalah alat untuk menguji kuat tekan beton.

Prosedur Pengujian

Pengujian sifat fisik dan mekanik agregat

Pemeriksaan sifat fisik dan sifat mekanik material campuran beton perlu dilakukan untuk memenuhi syarat kelayakan bahan campuran beton.

Pengujian fresh properties beton

Pengujian sifat beton segar dilakukan dengan metode uji *slump flow*, *l-box*, *v-funnel*, dan T50.

Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada beton dengan umur 7, 14, dan 28 hari menggunakan alat uji tekan *compressive machine test*.

Analisis data

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan memberi tekanan beban aksial ke silinder sampai terjadi kegagalan. Cara perhitungan kuat tekan beton dapat dilihat pada persamaan 1.

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \cdot \text{kg/cm}^2 \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang (cm²)

Metode Pencampuran Bahan

Proses pencampuran bahan dilakukan dengan mencampurkan agregat halus, semen, dan *silica fume* ke dalam *mixer* kemudian agregat kasar ditambahkan setelahnya dan diaduk merata. Air dan *superplasticizer* ditambahkan bertahap ke dalam campuran bahan, kemudian serat *nylon* ditambahkan sedikit demi sedikit dalam campuran dengan putaran *mixer* satu sampai dua kali untuk meratakan penyebaran serat *nylon*. Pencampuran tidak boleh terlalu lama saat serat

nylon ditambahkan untuk menghindari terjadinya penggumpalan serat terhadap campuran.

3. Hasil dan Pembahasan

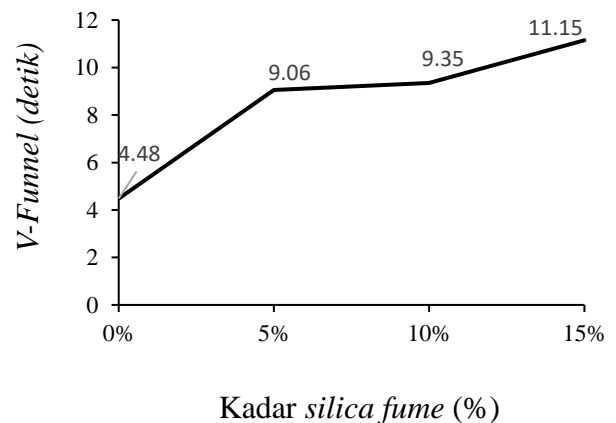
Pengujian fresh properties beton

Pengujian sifat segar beton dilakukan pada setiap variasi *silica fume* yang digunakan, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pengujian *fresh properties* berdasarkan variasi *silica fume*

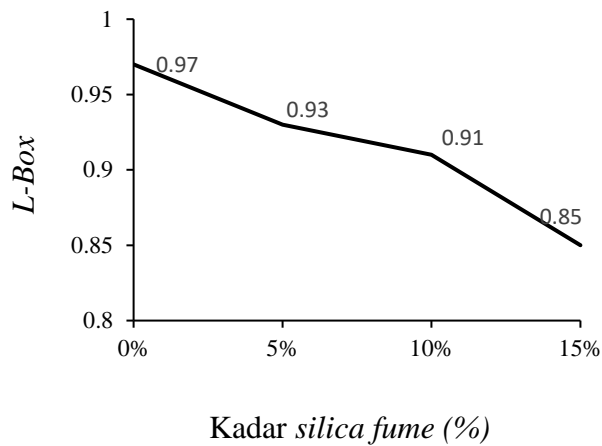
| Variasi | <i>Slump flow</i> (mm) | T50 (detik) | V-Funnel (detik) | L-Box H ₂ /H ₁ |
|---------|------------------------|-------------|------------------|--------------------------------------|
| 0% | 700 | 2,53 | 4,48 | 0,97 |
| 5% | 675 | 4,60 | 9,06 | 0,93 |
| 10% | 663 | 4,65 | 9,35 | 0,91 |
| 15% | 658 | 5 | 11,15 | 0,85 |

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan hasil pengujian *v-funnel* beton SFCC dengan variasi *silica fume* 0%, 5%, 10%, dan 15%. Dari gambar dibawah dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar *silica fume* maka tingkat kekentalan campuran semakin tinggi.



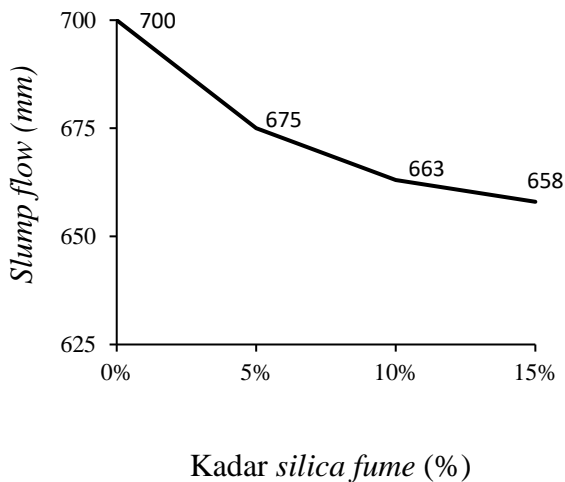
Gambar 1 Hubungan *v-funnel* dan kadar *silica fume*

Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian *l-box* dengan hasil berturut-turut yaitu 0,97, 0,93, 0,91, dan 0,85. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah kadar *silica fume* yang digunakan maka kemampuan beton untuk mengisi ruang semakin baik.



Gambar 2 Hubungan *l-box* dan kadar *silica fume*

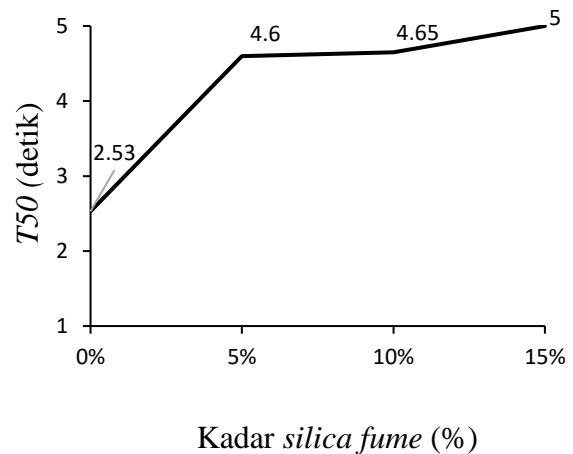
Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian *slump flow* dengan hasil berturut-turut yaitu 700 mm, 675 mm, 663 mm, dan 658 mm. hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar *silica fume* yang digunakan maka kemampuan beton untuk menyebar semakin rendah.



Gambar 3 Hubungan *slump flow* dan kadar *silica fume*

Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian T50 dengan hasil berturut-turut yaitu 2,53 detik, 4,60 detik, 4,65 detik, 5,00 detik. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar *silica fume* yang digunakan maka akan semakin lama waktu yang diperlukan beton untuk mencapai diameter 500 mm, hal ini disebabkan karena semakin tinggi kadar *silica fume* yang digunakan maka campuran beton

akan semakin kental karena *silica fume* akan lebih banyak menyerap air.



Gambar 4 Hubungan T50 dan kadar *silica fume*

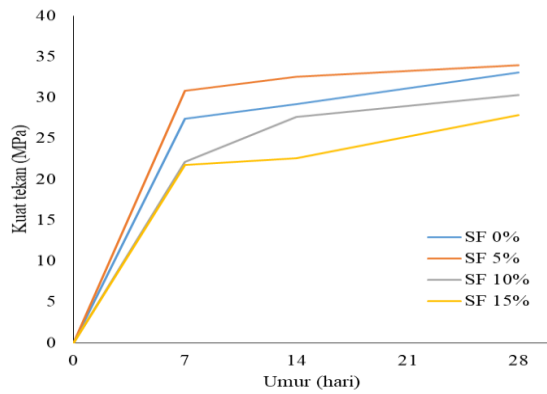
Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan ukuran silinder 15x30 cm, hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil uji kuat tekan *self-fiber compacting concrete*

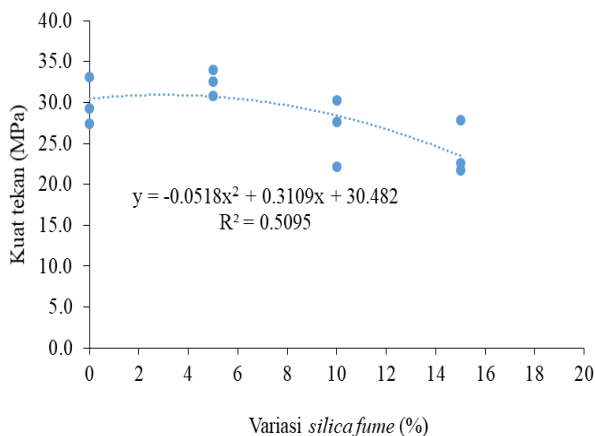
| Kode | Kuat Tekan 7 hari (MPa) | Kuat Tekan 14 hari (MPa) | Kuat Tekan 28 hari (MPa) |
|---------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| TK0%SF | 27,4 | 29,2 | 33,1 |
| TK5%SF | 30,9 | 32,5 | 34,0 |
| TK10%SF | 22,2 | 27,6 | 30,3 |
| TK15%SF | 21,8 | 22,6 | 27,9 |

Gambar 5 menunjukkan semakin bertambah umur beton maka nilai kuat tekan beton akan semakin meningkat, nilai kuat tekan yang tertinggi ditunjukkan oleh beton dengan campuran *silica fume* dengan kadar 5%



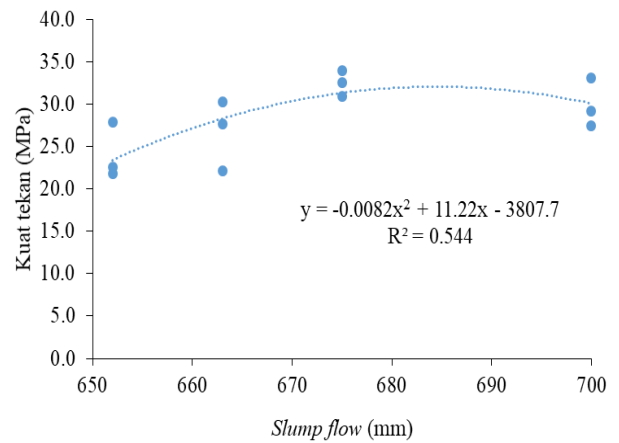
Gambar 5 Hubungan kuat tekan beton dan umur beton

Gambar 6 menunjukkan hubungan variasi *silica fume* dengan kuat tekan beton dengan persamaan $y = -0,0581x^2 + 0,3109x + 30,482$, berdasarkan persamaan tersebut dapat diperoleh nilai kuat tekan optimum dari variasi *silica fume* 0% hingga 15% yaitu pada variasi *silica fume* 3% dengan nilai kuat tekan sebesar 30,9 MPa. Berdasarkan persamaan tersebut didapatkan bahwa semakin besar variasi *silica fume* yang digunakan sebagai bahan pengganti semen maka kuat tekan beton akan semakin rendah.



Gambar 6 Hubungan kuat tekan beton dan variasi *silica fume*

Gambar 7 menunjukkan persamaan $y = 0,0082x^2 + 11,11x + 3807,7$, berdasarkan persamaan tersebut dapat diperoleh nilai *slump flow* optimum yaitu pada nilai *slump flow* 684 mm dengan nilai kuat tekan 30,4 MPa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai *slump flow* maka nilai kuat tekan beton akan semakin tinggi.



Gambar 7 Hubungan kuat tekan beton dan *slump flow*

Pengaruh umur terhadap kuat tekan beton

Hasil pengujian menunjukkan bahwa umur beton mempengaruhi kuat tekan karena semakin lama umur beton maka kuat tekan beton yang didapat semakin tinggi. Nilai kuat tekan beton paling tinggi didapatkan pada SFCC dengan variasi *silica fume* 5% dengan nilai kuat tekan sebesar 34 MPa.

Pengaruh variasi *silica fume* terhadap kuat tekan Beton

Penambahan *silica fume* pada campuran beton dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton, hal ini disebabkan karena sifat *silica fume* yang jika dicampurkan dengan air akan memiliki reaksi kimia yang sama dengan semen dan butiran *silica fume* yang lebih kecil dari semen sehingga dapat berperan sebagai *filler* untuk mengisi ruang kosong antara agregat dan pasta semen. Namun, pada kadar *silica fume* tertentu kuat tekan beton akan mengalami penurunan karena sifat *silica fume* yang menyerap air sehingga kandungan air dalam beton berkurang.

Pengaruh nilai *slump flow* terhadap kuat tekan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton SCC normal memiliki nilai *slump flow* yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton yang ditambah variasi *silica fume*. Beton dengan kadar *silica fume* 5% memiliki diameter 675 mm, beton dengan kadar *silica fume* 10% memiliki diameter 663 mm, dan beton dengan kadar *silica fume* 15% memiliki diameter 658 mm, hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak kadar *silica fume* yang ditambahkan

maka diameter penyebaran beton segar akan semakin menurun karena semakin banyak kadar *silica fume* yang ditambahkan maka tingkat kekentalan campuran (viskositas) semakin tinggi.

penelitian terdahulu mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 31,2 MPa pada variasi kaolin sebesar 10%. Hal ini dipengaruhi oleh *mix design* yang berbeda dan bahan tambah yang berbeda.

Perbandingan Hasil dengan Penelitian sebelumnya

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dibandingkan nilai kuat tekan pada penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu, penelitian sekarang mendapatkan nilai kuat tekan lebih tinggi pada variasi *silica fume* 5% yaitu sebesar 34,0 MPa sedangkan





Tabel 5 Perbandingan penelitian terdahulu dan sekarang

| No | Judul | Variasi Pozzolan | | |
|----|--|------------------|------|------|
| | | 5% | 10% | 15% |
| 1 | Analisis Kuat Tekan <i>Self Compacting Concrete</i> dengan Penambahan Varisi Kaolin (Setyanto, 2018) | 29,6 | 31,2 | 29,7 |
| 2 | <i>Fresh Properties</i> dan Kuat Tekan <i>Self-Fiber Compacting Concrete</i> (SFCC) dengan Bahan Tambah <i>Silica Fume</i> dan Serat Nylon | 34 | 30,3 | 27,9 |

Tabel 6 Perbedaan fisik benda uji sebelum dan sesudah diuji tekan

| Variasi | Sebelum diuji | Setelah diuji | Keterangan |
|---------|---|---|---|
| 0% |  |  | Benda uji mengalami kerusakan pada bagian atas dan keretakan pada bagian tengah beton |
| 5% |  |  | Benda uji mengalami keretakan pada bagian atas |

Tabel 6 Lanjutan

| | | | |
|-----|---|---|--|
| 10% |  |  | Benda uji mengalami kerusakan pada bagian atas |
| 15% |  |  | Benda uji mengalami kerusakan pada bagian atas |

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya tentang *self-fiber compacting concrete* dengan bahan tambah *silica fume* (5 %, 10 %, dan 15 %) sebagai bahan pengganti semen serta serat *nylon*, dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai kuat tekan *self-fiber compacting concrete* tertinggi yaitu pada variasi *silica fume* 5% umur 28 hari sebesar 34,0 MPa.
2. Pengujian *fresh properties* yang dilakukan telah memenuhi standar yang telah ditetapkan EFNARC pada empat jenis pengujian. Semakin tinggi kadar *silica fume* yang digunakan pada campuran beton SFCC maka semakin rendah tingkat flowabilitas beton tersebut.
3. Nilai kuat tekan beton berbanding lurus dengan umur beton karena semakin lama umur beton maka semakin tinggi nilai kuat tekannya.

4. Daftar Pustaka

Aiad, I., A.M Al-Sabbagh, S.H. Shafek, A.I. Adawy, dan S.A. Abo-EL-Enein. (2016). Effect Of Some Prepared Superplasticizers Cyclohexanone Based On Compressive Strength And Physico Chemical Properties Of Oil Well Cement Pastes. *Egyptian Journal of Petroleum*, 26 (3), 843-850.

Alsubari, B., Shafigh, P., dan Jumaat, M. (2015). Development Of Self-Consolidating High Strength Concrete Incorporating Treated Palm oil Fuel Ash. *Materials*, 8 (5), 2154-2173.

Garcia-Taengua, E. (2018). Fundamental Fresh State Properties Of Self-Consolidating Concrete: A Meta-Analysis Of Mix Designs. *Advances in Civil Engineering*, 2018, 1-14.

Khan, A.-u.-R. (2017). Performance Of Concrete Blended With Pozzolanic Materials In Marine Environment. *MATEC Web of Conferences*, 120, 3-12.

Laichaoui, A., Zidol, A., Mitiche-Kettab, R., Bali, A., dan Tagnit-Hamou, A. (2018). Effect of The Type of Superplasticizer on The Properties Of Cementitious Systems Incorporating Slag. *Journal Of Adhesion Science And Technology*, 33, 187-207.

Nosraty, H., Tehrani-Dehkordi, M., Shokrieh, M. M., dan Minak, G. (2015). Intraply Hybrid Composites Based On Basalt and Nylon Woven Fabrics Tensile and Compressive Properties. *Iranian Journal of Materials Science and Engineering*, 12 (1), 1-11.

Salam, M., Safiuddin, M., dan Jumaat, M. Z. (2018). Durability Indicators For

Sustainable Self-Consolidating High-Strength Concrete Incorporating Palm Oil Fuel Ash. *Sustainability*, 10 (7), 1-16.

Setyanto, B. A. (2018). *Kuat Tekan Self Compacting Concrete dengan Penambahan Variasi Kaolin*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Soltani, A., Tarighat, A., dan Rostami, R. (2017). Effects of Calcined Clay Minerals and Silica Fume on The Compressive Strength of Concrete. *Journal of Structural and Construction Engineering*, 4 (1), 33-50.

Xiang, C., dan W. frey, M. (2016). Increasing Mechanical Properties Of 2-D-Structured Electrospun Nylon 6 Non-Woven Fiber Mats. *Materials*, 9 (4), 1-13.

Yunfen, H., WuBao, S., XiaoDong, P., dan Nan, X. (2016). Comparison Of Effect Of Metakaolin and Silica Fume On Fly Ash Concrete Performance. *Matec Web Of Conferences*, 67, 7-10.