

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian terdahulu tentang *Self-Compacting Concrete* sebagai berikut ini.

1. Sifat mekanis dan ketahanan beton *Self-Compacting Concrete* mutu tinggi menggunakan *zeolite* alam, *silica fume*, dan *fly ash* (Sabet dkk., 2013).
2. Perbandingan *fly ash* kelas F, *nano silica*, dan *silica fume* pada beton *Self-Compacting Concrete* mutu tinggi (Jalal dkk., 2015).
3. Perbandingan kuat tekan dan ketahanan klorida dari *Self-Compacting Concrete* dengan kandungan *fly ash* dosis tinggi dan *silica fume* (Wongkeo dkk., 2014).
4. Penggunaan *silica fume* dan serat baja daur ulang pada beton *Self-Compacting Concrete* (Mastali dan Dalvand, 2016).
5. Sifat segar dan keras dari *Self-Compacting Concrete* (SCC) yang mengandung serat kantong plastik (Ghernouti dkk., 2015).
6. Sifat *Self-Compacting Concrete* (SCC) menggunakan agregat kasar daur ulang (Panda dan Bal, 2015).
7. Sifat segar *Self-Compacting Concrete* yang mengandung *nano silica* dan *fly ash* (Guneyisi dkk., 2015).
8. Sifat segar dan mekanis dari beton *Self-Compacting Concrete* mutu tinggi dengan kandungan *fly ash* kelas C (Ashtiani dkk., 2013).
9. Pengaruh *superplasticizer* terhadap sifat segar dan keras dari *Self-Compacting Concrete* yang mengandung *fly ash* (Dumne, 2014).
10. Pengaruh serat *nylon* daur ulang terhadap penulangan mortar (Spadea dkk., 2015).

2.1.1 Penelitian Terdahulu tentang Agregat Halus

Ervianto dkk. (2016) melakukan pemeriksaan sifat fisis dan mekanis agregat halus yang berasal dari Sungai Progo. Tabel 2.1 menyajikan hasil

pemeriksaan agregat halus diperoleh nilai berat jenis 2,59 dan penyerapan air sebesar 0,26%. Persentase kandungan lumpur sebanyak 4,532%. Nilai berat satuan sebesar 1,31 gr/cm³ dengan kadar air sebanyak 4,575%. Daerah gradasi masuk pada daerah 2 yang termasuk golongan butiran agak kasar dengan nilai MHB (modulus halus butir) adalah 2,648.

Tabel 2.1 Hasil pemeriksaan agregat halus (Ervianto dkk., 2016)

No	Pemeriksaan	Hasil
1	Berat Jenis	2,59
2	Penyerapan Air (%)	0,26
3	Kandungan Lumpur (%)	4,532
4	Berat Satuan (gr/cm ³)	1,31
5	Kadar Air (%)	4,575
6	Gradasi Agregat	Daerah 2
7	Modulus Halus Butir	2,648

2.1.2 Penelitian Terdahulu tentang Agregat Kasar

Ervianto dkk. (2016) melakukan pemeriksaan sifat fisis dan mekanis agregat kasar yang berasal dari Clereng, Kulonprogo. Dari hasil pemeriksaan agregat kasar diperoleh nilai berat jenis sebesar 2,63 dan penyerapan air sebesar 1,438%. Persentase kandungan lumpur sebanyak 1,75%. Nilai berat satuan 1,55 gr/cm³ dengan kadar air sebanyak 0,549%. Nilai keausan agregat sebanyak 21,36%.

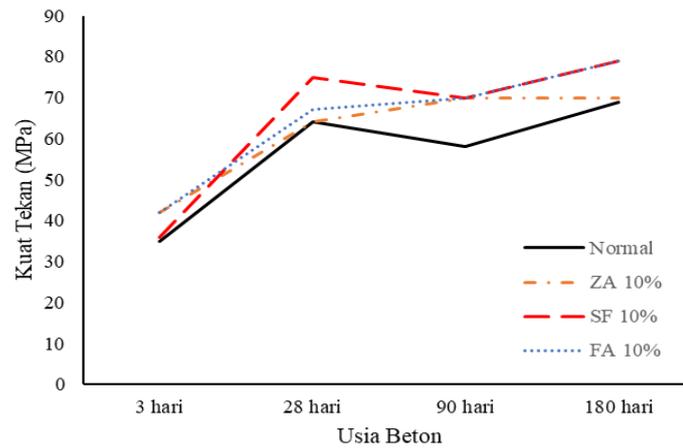
Soebandono dkk. (2013) melakukan pengujian agregat kasar yang berasal dari Clereng, Kulonprogo. Pengujian meliputi berat jenis, penyerapan air, kandungan lumpur, berat satuan, kadar air dan keausan agregat. Dari hasil pemeriksaan agregat kasar diperoleh nilai berat jenis sebesar 2,69 dan penyerapan air sebesar 0,4%. Persentase kandungan lumpur sebanyak 1,9%. Nilai berat satuan 1,57 gr/cm³ dengan kadar air sebanyak 1,01%. Nilai keausan agregat sebanyak 18,5%. Perbedaan hasil pengujian dari kedua peneliti diatas terdapat pada Tabel 2.2. Berdasarkan data tersebut, nilai berat jenis yang diperoleh untuk agregat kasar yang berasal dari Clereng sebesar 2,6.

Tabel 2.2 Hasil pengujian agregat kasar

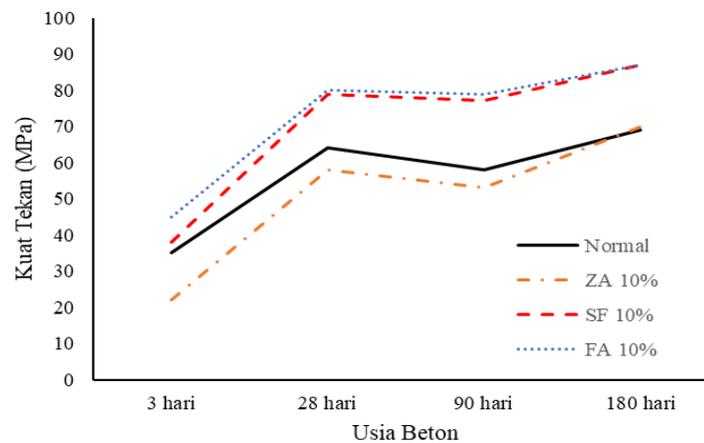
No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian	
		Ervianto dkk. (2016)	Soebandono dkk. (2013)
1	Berat Jenis	2,63	2,69
2	Penyerapan Air (%)	1,438	0,4
3	Kandungan Lumpur (%)	1,75	1,9
4	Berat Satuan (gr/cm ³)	1,55	1,57
5	Kadar Air (%)	0,549	1,01
6	Keausan Agregat (%)	21,36	18,5

2.1.3 Penelitian Terdahulu tentang *Silica Fume*

Sabet dkk. (2013) melakukan pengujian tentang sifat mekanis dan ketahanan dari beton mutu tinggi yang dapat memadat mandiri. Pengujian dilakukan dengan mengganti sebagian semen dengan *zeolite* alam, *silica fume*, dan *fly ash* dengan persentase 10% dan 20% dari berat semen. Rasio air semen dan jumlah semen yang digunakan adalah 0,33 dan 500 kg/m³. Gambar 2.1 menunjukkan bahwa kuat tekan beton yang menggunakan *zeolite* alam, *silica fume*, dan *fly ash* dengan dosis 10% mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan beton normal di semua usia beton. Akan tetapi berdasarkan Gambar 2.2 pada dosis 20% beton dengan campuran *zeolite* alam memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan beton normal di semua usia beton. Kuat tekan beton yang paling optimal pada usia 28 hari dimiliki oleh beton dengan campuran *fly ash* 20% yaitu 80,5 MPa yang sedikit berbeda dengan menggunakan *silica fume* 20% yaitu 79,5 MPa. Penggunaan *zeolite* alam pada persentase 10% meningkatkan nilai kuat tekan dari 62 MPa menjadi 64,5 MPa pada usia 28 hari, akan tetapi penggunaan pada persentase 20% mengurangi kuat tekan beton sebesar 8% pada usia 28 hari. *Silica fume* menjadi bahan tambah yang efektif untuk meningkatkan kuat tekan beton pada usia 28 hari menjadi 75,5 MPa dan 79,5 MPa pada persentase 10 dan 20%. Penggunaan *fly ash* juga meningkatkan nilai kuat tekan menjadi 67 MPa (10%) dan 81 MPa (20%).



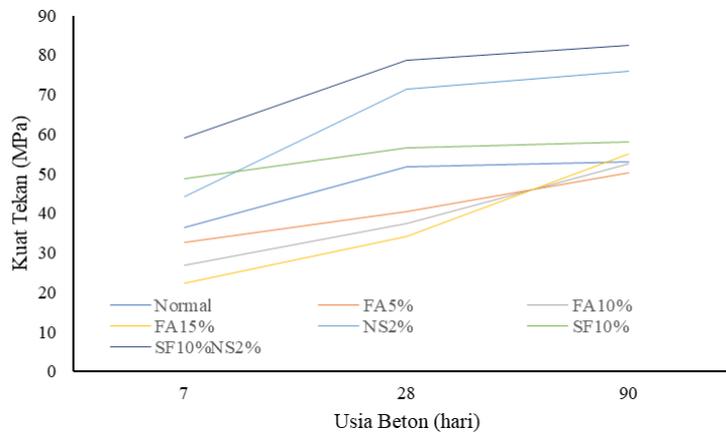
Gambar 2.1 Hubungan kuat tekan dan usia beton dengan bahan tambah 10% (Sabet dkk., 2013)



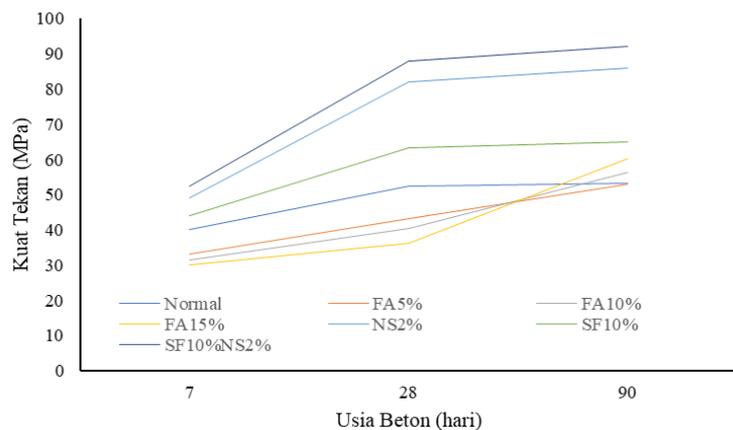
Gambar 2.2 Hubungan kuat tekan dan usia beton dengan bahan tambah 20% (Sabet dkk., 2013)

Jalal dkk. (2015) meneliti tentang perbandingan antara *fly ash*, *nano silica*, dan *silica fume* pada beton *Self-Compacting Concrete* mutu tinggi. Pengujian menggunakan nilai rasio air semen sebesar 0,38. Jumlah semen yang digunakan sebanyak 400 kg/m^3 dan 500 kg/m^3 . Proporsi sebagian *mix design* yang digunakan sebesar 2% *nano silica*, 10% *silica fume*, dan 10% + 2% gabungan *silica fume* dan *nano silica*. Dan proporsi *mix design* yang lain adalah menggunakan *fly ash* sebanyak 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. Gambar 2.3 merupakan hasil kuat tekan yang menggunakan campuran *silica fume*, *nano silica*, dan *fly ash* pada usia beton 7, 28, dan 90 hari dengan jumlah semen sebanyak 400 kg/m^3 . Dan pada Gambar 2.4 merupakan hasil kuat tekan untuk jumlah semen sebanyak 500 kg/m^3 .

Kuat tekan beton dengan campuran 10% + 2% *silica fume* dan *nano silica* menunjukkan peningkatan kuat tekan yang signifikan baik pada proporsi semen 400 kg/m³ maupun 500 kg/m³ disemua usia beton.



Gambar 2.3 Hubungan kuat tekan dan usia beton dengan jumlah semen 400 kg/m³. (Jalal dkk., 2015)



Gambar 2.4 Kuat tekan dan usia beton dengan jumlah semen 500 kg/m³. (Jalal dkk., 2015)

Wongkeo dkk., (2014) melakukan penelitian tentang perbandingan kuat tekan dan ketahanan terhadap klorida dari beton *Self-Compacting Concrete* yang mengandung *fly ash* dan *silica fume* dosis tinggi. Penelitian dilakukan dengan mengganti sebagian semen dengan *fly ash* dan *silica fume* dengan proporsi 50%, 60%, dan 70% dari berat semen. Jumlah air dijaga pada angka 180 kg/m³ dengan nilai rasio air semen sebesar 0,3, 0,35, dan 0,4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran semen dengan *fly ash* dosis tinggi mengurangi kuat tekan dari SCC pada

semua usia uji (3, 7, 28, dan 90 hari). Hasil kuat tekan optimal terjadi pada proporsi yang menggunakan nilai rasio air semen sebesar 0,3. Tabel 2.3 menampilkan hasil kuat tekan beton dengan nilai rasio air semen 0,3. Nilai kuat tekan optimal bisa dicapai pada penggunaan *silica fume* dosis rendah yaitu 10%. Peningkatan kuat tekan tersebut terjadi pada seluruh usia beton. Semakin tinggi persentase *fly ash* maka kuat tekan beton semakin turun.

Tabel 2.3 Kuat tekan beton dengan rasio air semen 0,3 (Wongkeo dkk., 2014)

Proporsi	Kuat Tekan (MPa)			
	3 hari	7 hari	28 hari	90 hari
PC	76,0	79,3	84,0	88,3
50FA	40,8	48,9	66,4	81,1
60FA	38,6	37,9	58,0	68,8
70FA	26,0	28,9	45,6	52,2
5SF	73,7	81,6	95,3	99,0
10SF	78,3	84,5	100,5	106,6
45FA5SF	43,5	56,0	75,2	89,5
55FA5SF	34,9	49,1	63,4	74,1
65FA5SF	29,0	39,5	52,7	61,6
40FA10SF	48,1	66,1	85,2	96,6
50FA10SF	40,0	55,1	73,6	85,9
60FA10SF	35,8	46,9	61,2	80,6

Mastali dan Dalvand (2016) meneliti tentang penggunaan *silica fume* dan serat baja daur ulang pada beton *Self-Compacting Concrete*. Penambahan serat baja meningkatkan kuat tekan beton walaupun tanpa adanya *silica fume*. Persentase serat baja yang digunakan sebanyak 0,75%. Peningkatan kuat tekan juga terjadi saat ditambahkan *silica fume* karena sebagai *pozzolan* meningkatkan daya ikat antar agregat dan pasta. Kuat tekan optimum dicapai pada proporsi *silica fume* 14% dan serat baja 0,75%. Tabel 2.4 menampilkan komposisi kimia antara semen *portland* dan *silica fume*. Kandungan bahan kimia yang mirip dengan semen membuat *silica fume* dapat dijadikan *pozzolan* untuk mengganti sebagian semen.

Tabel 2.4 Komposisi kimia semen dan *silica fume* (Mastali dan Dalvand, 2016)

Kandungan bahan kimia	<i>Silica Fume</i> (%)	Semen <i>Portland</i> (%)
SiO ₂	85 – 95	21,1
Fe ₂ O ₃	0,4 – 2,0	3,88
Al ₂ O ₃	0,5 – 1,7	4,37
K ₂ O	0,15 – 1,02	0,52
MgO	0,1 – 0,9	1,56
CaO	-	63,33
C ₃ S	-	51,00
C ₃ A	-	5,10
C ₂ S	-	22,70
C ₄ AF	-	11,90
Kandungan Fisis		
Berat Jenis (gr/cm ³)	2,21	3,11
SSA (cm ² /g)	14000	3000

2.1.4 Penelitian Terdahulu tentang *Self-Compacting Concrete* (SCC)

Ghernouti dkk., (2015) melakukan penelitian sifat segar dan keras dari *Self-Compacting Concrete* (SCC) yang mengandung serat kantong plastik (PBWF). Campuran yang ditinjau menggunakan rasio air semen 0,4 dengan variasi panjang serat sebesar 2, 4, dan 6 cm. *Slump flow*, *l-box*, dan *sieve stability* dilakukan untuk menilai sifat segar dari campuran yang disiapkan. Kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton dilakukan untuk menilai sifat keras pada beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang serat 2 cm memenuhi kriteria sifat segar dari *self-compacting concrete* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5. Beton dengan serat kantong plastik menggunakan kode WFSCC dengan perbedaan panjang serat (2, 4, dan 6 cm) serta perbedaan berat (1, 3, 5, dan 7 kg/m³). Meskipun, penggunaan serat kantong plastik tidak memiliki efek yang signifikan pada kuat tekan dan lentur, penggunaan serat kantong plastik meningkatkan nilai kuat tarik belah pada 28

hari yang bervariasi dari 4% hingga 74% tergantung pada jumlah serat, dan tidak dipengaruhi oleh panjang serat.

Tabel 2.5 *Fresh properties* SCC dengan PBWF (Ghernouti dkk., 2015)

Kode	<i>Slump flow</i> (mm)	<i>L-box</i> (%)	<i>Sieve stability</i> (%)
RSCC	660	0,9	7,64
WFSCC1(2)	660	0,9	8
WFSCC3(2)	680	0,88	9
WFSCC5(2)	690	0,85	10
WFSCC7(2)	690	0,82	13
WFSCC1(4)	660	0,81	8
WFSCC3(4)	680	0,72	13
WFSCC5(4)	695	0,67	14
WFSCC7(4)	700	0,59	18
WFSCC1(6)	660	0,57	8
WFSCC3(6)	685	0,48	14
WFSCC5(6)	705	0,41	21
WFSCC7(6)	710	0,34	28

Panda dan Bal (2015) meneliti tentang sifat *Self-Compacting Concrete* (SCC) yang menggunakan agregat kasar daur ulang. Pengujian dilakukan dengan mengganti sebagian agregat kasar alami dengan agregat kasar daur ulang pada variasi 10%, 20%, 30%, dan 40%. Dengan menggunakan rasio air semen sebesar 0,33 campuran memenuhi sifat segar beton yang meliputi *slump flow*, *v-funnel*, dan *l-box*. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kuat tekan, kuat lentur dan kekuatan tarik belah SCC dengan 100% agregat alami kurang dari beton normal (non SCC) dengan 100% agregat alami dan kekuatan SCC menurun dengan peningkatan rasio penggantian agregat daur ulang. Penelitian ini merekomendasikan perentase agregat daur ulang sebanyak 30% untuk menghasilkan nilai kuat tekan yang mendekati hasil yang direncanakan.

Guneyisi dkk., (2015) meneliti tentang perilaku segar dari *Self-Compacting Concrete* yang mengandung *nano silica* dan *fly ash*. Penelitian menggunakan berat total bahan pengikat sebanyak 570 kg/m^3 dengan rasio air semen sebesar 0,33. Semen *Portland* (PC) diganti dengan NS dengan variasi 0%, 2%, 4%, dan 6% dari berat total campuran beton. FA yang digunakan memiliki variasi 25%, 50%, dan 75% dari total berat semen. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.6. Sifat segar yang diamati meliputi *slump flow*, T_{50} , *v-funnel*, dan *l-box* menunjukkan bahwa penggabungan FA meningkatkan sifat segar dari campuran SCC sementara NS menurunkan nilai sifat segar yang diperoleh. Penggabungan NS membuat SCC lebih kohesif dan kental. Pada penelitian ini campuran beton *Self-Compacting Concrete* memenuhi standar *slump flow* dan *v-funnel* yang ditetapkan.

Tabel 2.6 *Fresh properties* SCC dengan NS dan FA (Guneyisi dkk., 2015)

Kode	<i>Slump flow</i> (mm)	T_{50} (detik)	<i>V-funnel</i> (detik)	<i>L-box</i>
FA0NS0	735	3,7	9,5	0,98
FA0NS2	725	4,1	10,1	0,96
FA0NS4	723	4,7	11,8	0,94
FA0NS6	710	5,6	13	0,91
FA25NS0	760	2,7	8,8	1
FA25NS2	750	3,1	9,1	0,97
FA25NS4	745	3,7	10,6	0,95
FA25NS6	740	4,6	12,1	0,93
FA50NS0	770	2,05	8,2	1
FA50NS2	767	2,7	9	0,98
FA50NS4	765	3,4	9,9	0,97
FA50NS6	755	4	11,2	0,96
FA75NS0	790	1,4	7,3	1
FA75NS2	782	2,4	8,6	1
FA75NS4	772	2,9	9,2	0,98
FA75NS6	763	3,6	9,9	0,97

Ashtiani dkk., (2013) melakukan penelitian tentang sifat fisis dan mekanis dari beton *Self-Compacting Concrete* mutu tinggi dengan kandungan *fly ash* kelas C. Penelitian dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa untuk menghasilkan perbandingan kuat tekan yang sama harus menggunakan rasio air semen yang sama pula. *Mix design* beton normal mutu tinggi dengan kode CVHSC-1 hanya menggunakan proporsi agregat yang berbeda dengan beton SCC mutu tinggi. Karena beton HSSCC memiliki kuat tekan yang lebih tinggi, sehingga perbandingan *mix design* kedua berkode CVHSC-2 dirancang dengan rasio air semen yang lebih rendah untuk mencapai kuat tekan yang sebanding dengan beton HSSCC. Hasil pemeriksaan *fresh properties* disajikan pada Tabel 2.7 yang meliputi pemeriksaan *slump flow*, T_{50} , *j-ring*, *l-box*, dan *v-funnel*. Hasil pemeriksaan *fresh properties* memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Dari hasil pengujian kuat tekan, meskipun beton dengan kode CVHSC-1 memiliki rasio air semen yang sama dengan SCC akan tetapi menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah, dan meskipun menggunakan rasio air semen 0,27 di CVHSC-2, kuat tekan yang dihasilkan mendekati nilai kuat tekan HSSCC dengan rasio air semen 0,3.

Tabel 2.7 *Fresh properties* dari HSSCC (Ashtiani dkk., 2013)

	Hasil	Persyaratan
<i>Slump flow</i> (mm)	750	600 – 800
T_{50} (detik)	4,2	2 - 7
<i>J-ring</i> (mm)	720	580 – 780
<i>L-box</i>	0,92	0,75 – 1
<i>V-funnel</i> (detik)	8	6 - 12

2.1.5 Penelitian Terdahulu tentang *Superplasticizer*

Dumne (2014) meneliti tentang pengaruh *superplasticizer* terhadap sifat segar dan keras dari *Self-Compacting Concrete* yang mengandung *fly ash*. Variasi *superplasticizer* yang digunakan sebesar 0,25%, 0,35%, dan 0,45% dengan bahan tambah berupa *fly ash* sebanyak 10% dari berat semen. Dalam penelitian ini menggunakan rasio air semen sebesar 0,55 dan pemeriksaan sifat segar yang dilakukan berupa *slump flow*. Hasil pemeriksaan sifat segar dan uji tekan ada pada

Tabel 2.8. Hasil penelitian menunjukkan untuk rasio semen air yang konstan, peningkatan dosis *superplasticizer* pada *Self-Compacting Concrete* menyebabkan peningkatan kemampuan mengalir dari beton dan juga peningkatan kekuatan tekan pada usia 28 hari jika dibandingkan dengan beton normal.

Tabel 2.8 Hasil *fresh properties* dan kuat tekan (Dumne, 2014)

	<i>Superplasticizer</i> (%)	<i>Slump flow</i> (mm)	Kuat tekan (MPa)
Normal	0	120	27,11
A1	0,25	150	28,96
A2	0,35	200	30,48
A3	0,45	285	31,98

2.1.6 Penelitian Terdahulu tentang Serat Nylon

Spadea dkk., (2015) meneliti tentang pengaruh serat *nylon* daur ulang terhadap mortar. Serat *nylon* yang digunakan berdiameter 0,33 mm dengan persentase 1 dan 1,5% dipotong menjadi 3 variasi berbeda yaitu 0,5 *inch*, 1 *inch*, dan 1,5 *inch*. Mortar dilakukan pengujian kuat tarik belah setelah berusia 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan mortar disajikan pada Tabel 2.9. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan serat *nylon* pada mortar dapat meningkatkan kuat tarik belah $\pm 35\%$ dibandingkan mortar tanpa serat *nylon* sehingga sifat daktilitas pada mortar dapat dipengaruhi oleh penambahan serat pada campuran.

Tabel 2.9 Uji tarik belah mortar (Spadea dkk., 2015)

	Kuat tarik belah (MPa)
Normal	4,46
PA-0,5-1%	5,18
PA-0,5-1,5%	5,27
PA-1-1%	5,87
PA-1-1,5%	5,89
PA-1,5-1%	5,86
PA-1,5-1,5%	6,03

2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Tabel 2.10 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan	
				Terdahulu	Sekarang
1	Sifat mekanis dan ketahanan beton <i>Self-Compacting Concrete</i> mutu tinggi menggunakan <i>zeolite</i> alam, <i>silica fume</i> , dan <i>fly ash</i> (Sabet dkk.)	2013	Uji Lab	Material yang digunakan <i>zeolite</i> alam, <i>silica fume</i> , dan <i>fly ash</i> pada <i>Self-Compacting Concrete</i> mutu tinggi.	Material yang digunakan <i>silica fume</i> pada <i>Self-Fiber Compacting Concrete</i> mutu sedang.
2	Perbandingan <i>fly ash</i> kelas F, <i>nano silica</i> , dan <i>silica fume</i> pada beton <i>Self-Compacting Concrete</i> mutu tinggi (Jalal dkk.)	2015	Uji Lab	Perbandingan <i>fly ash</i> , <i>nano silica</i> , dan <i>silica fume</i> pada <i>Self-Compacting Concrete</i> mutu tinggi.	Perbandingan <i>silica fume</i> dan serat <i>nylon</i> pada <i>Self-Fiber Compacting Concrete</i> mutu sedang.
3	Perbandingan kuat tekan dan ketahanan klorida dari <i>Self-Compacting</i>			Uji kuat tekan dan ketahanan klorida dengan bahan tambah <i>fly ash</i> dosis tinggi dan <i>silica</i>	Uji sifat segar dan kuat tarik dengan bahan tambah <i>silica fume</i> dan serat <i>nylon</i> .

Tabel 2.10 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang (lanjutan)

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan	
				Terdahulu	Sekarang
	<i>Concrete</i> dengan kandungan <i>fly ash</i> dosis tinggi dan <i>silica fume</i> (Wongkeo dkk)		Uji Lab	<i>fume.</i>	
4	Penggunaan <i>silica fume</i> dan serat baja daur ulang pada beton <i>Self-Compacting Concrete</i> (Mastali dan Dalvand)	2016	Uji Lab	Bahan tambah yang digunakan adalah <i>silica fume</i> dan serat baja daur ulang.	Bahan tambah yang digunakan adalah <i>silica fume</i> dan serat <i>nylon.</i>
5	Sifat segar dan keras dari <i>Self-Compacting Concrete</i> (SCC) yang mengandung serat kantong plastik (Ghernouti dkk.)	2015	Uji Lab	Sifat segar dan keras dengan bahan tambah serat kantong plastik.	Sifat segar dan kuat tarik dengan bahan tambah <i>silica fume</i> dan serat <i>nylon.</i>
6	Sifat <i>Self-Compacting</i>	2015	Uji Lab	Bahan tambah berupa	Bahan tambah berupa

Tabel 2.10 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang (lanjutan)

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan	
				Terdahulu	Sekarang
	Concrete (SCC) menggunakan agregat kasar daur ulang (Panda dan Bal)			agregat kasar daur ulang.	<i>silica fume</i> dan serat <i>nylon</i> .
7	Sifat segar <i>Self-Compacting Concrete</i> yang mengandung <i>nano silica</i> dan <i>fly ash</i> (Guneyisi dkk.)	2015	Uji Lab	Uji sifat segar dengan bahan tambah <i>silica</i> dan <i>fly ash</i> .	Uji sifat segar dengan bahan tambah <i>silica fume</i> dan serat <i>nylon</i> .
8	Sifat segar dan mekanis dari beton <i>Self-Compacting Concrete</i> mutu tinggi dengan kandungan <i>fly ash</i> kelas C (Ashtiani dkk.)	2013	Uji Lab	Sifat segar dan mekanis dengan bahan tambah <i>fly ash</i> kelas C.	Sifat segar dan kuat tarik dengan bahan tambah <i>silica fume</i> dan serat <i>nylon</i> .
9	Pengaruh <i>superplasticizer</i> terhadap sifat segar dan keras dari <i>Self-Compacting</i>	2014	Uji Lab	Pengaruh <i>superplasticizer</i> pada sifat segar dan keras dengan bahan tambah <i>fly ash</i> .	Pengaruh <i>silica fume</i> dan serat <i>nylon</i> pada sifat segar dan kuat tarik.

Tabel 2.10 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang (lanjutan)

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan	
				Terdahulu	Sekarang
	<i>Concrete</i> yang mengandung <i>fly ash</i> (Dumne)				
10	Pengaruh serat <i>nylon</i> daur ulang terhadap penulangan mortar (Spadea dkk.)	2015	Uji Lab	Pengaruh serat <i>nylon</i> terhadap penulangan mortar.	Pengaruh serat <i>nylon</i> terhadap kuat tarik <i>Self-Fiber Compacting Concrete</i> .

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan perbandingan perbedaan pada penelitian yang telah dilakukan, maka penelitian dengan judul “*Fresh Properties dan Kuat tarik Self-Fiber Compacting Concrete (SFCC)* dengan bahan tambah *silica fume* dan serat *nylon*” adalah asli dan belum pernah diteliti sebelumnya.

2.4 Dasar Teori

2.2.1 Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang mewarisi fungsi dari material penyusunnya yaitu campuran antara semen, air, agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), serta bahan tambah (*admixture*) untuk kebutuhan tertentu yang membentuk campuran plastis sehingga dapat dibentuk sesuai kebutuhan. Kekuatan beton dipengaruhi beberapa faktor antara lain proporsi semen dan campuran pembentuk beton yang lain, kebersihan serta kekuatan agregat, ikatan antar agregat dan pasta, cara pembuatan hingga pemadatan, dan perawatan beton hingga mencapai usia yang ditentukan (Mulyono, 2004).

2.2.2 Bahan Penyusun Beton

2.2.2.1 Semen

Semen *Portland* merupakan bahan kimiawi yang dapat bereaksi dan mengeras saat bertemu air (hidrolis) yang diproduksi dari penggilingan kalsium silikat hidrolik dan dapat tersusun lebih dari satu bentuk kalsium sulfat (ASTM, 1985).

Mulyono (2004) menyatakan semen dapat bereaksi setelah mengalami kontak dengan air. Secara umum campuran beton terdapat kandungan pasta (semen dan air) sebanyak 25% - 40%. Perbedaan persentase kandungan kimia pada semen akan menghasilkan sifat yang berbeda dikarenakan sifat semen terbentuk sesuai dengan bahan penyusunnya yang terbagi menjadi 4 (empat) sebagai berikut ini.

- 1) Trikalsium Silikat (C_3S),
- 2) Dikalsium Silikat (C_2S),
- 3) Trikalsium Aluminat (C_3A), dan
- 4) Tertrakalsium Aluminoferrit (C_4AF).

Tabel 2.5 menampilkan komposisi kimia dari semen *portland* dari Tipe I (satu) hingga Tipe V (lima).

Tabel 2.11 Komposisi kimia semen *portland* (Mulyono, 2004)

Tipe Semen	Komposisi (%)						
	MgO	CaO	CaSO ₄	C ₄ AF	C ₃ A	C ₂ S	C ₃ S
Tipe I	2,4	0,8	2,9	8	12	25	49
Tipe II	3	0,6	2,8	12	6	29	46
Tipe III	2,6	1,4	3,9	8	12	15	56
Tipe IV	2,7	0,3	2,9	13	5	46	30
Tipe V	1,6	0,4	2,7	12	4	36	43

Menurut BSN (2004) semen *portland* terbagi menjadi 5 (lima) jenis berdasarkan kegunaannya sebagai berikut ini.

- 1) Tipe I, jenis semen untuk kebutuhan umum yang tidak memerlukan ketentuan khusus pada penggunaannya.

- 2) Tipe II, jenis semen yang memerlukan ketahanan sulfat atau panas hidrasi yang sedang.
- 3) Tipe III, jenis semen untuk menghasilkan kekuatan awal tinggi setelah terjadinya pengikatan,
- 4) Tipe IV, jenis semen yang memerlukan panas hidrasi rendah.
- 5) Tipe V, jenis semen yang memerlukan ketahanan sulfat tinggi.

2.2.2.2 Air

Air merupakan pereaksi untuk menghasilkan reaksi kimiawi pada semen, semen yang bereaksi dengan air akan menghasilkan panas hidrasi. Selain itu air diperlukan untuk menambah kemudahan pada proses pembuatan beton (*workability*). Air yang dapat digunakan dalam pembuatan beton sebaiknya menggunakan air tawar yang pada umumnya dapat diminum, tidak mengandung minyak, alkali, asam, dan senyawa lain yang berpotensi menurunkan kualitas beton.

BSN (2013) mensyaratkan air yang dapat digunakan saat pembuatan beton sebagai berikut ini.

- 1) Air yang berasal dari rongga antar agregat.
- 2) Air untuk pengadukan pada *batching plant*.
- 3) Es.
- 4) Air yang ditambahkan oleh pekerja.
- 5) Air yang masuk bersama bahan tambah lainnya dengan ketentuan dapat mengubah nilai faktor air semen lebih dari 0,01.

2.2.2.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran batuan dengan diameter butiran kurang dari 4,75 mm atau lolos saringan no. 4 (BSN, 2008). Syarat mutu agregat halus menurut BSN (1989) sebagai berikut ini.

- 1) Berbutir kuat dan tajam.
- 2) Tidak mudah hancur oleh cuaca.
- 3) Bergradasi baik dengan modulus halus butir antara 1,5 – 3,8.
- 4) Tidak mengandung garam dan zat organik yang dapat merusak beton.
- 5) Kadar lumpur maksimum 5%.

2.2.2.4 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah batuan dengan diameter butiran lebih dari 4,75 mm atau tertahan saringan no. 4 (BSN, 2008). Agregat kasar yang digunakan untuk campuran beton berukuran kurang dari 40 mm, agregat yang berukuran lebih dari 40 mm digunakan untuk konstruksi jalan, bendungan, dan lainnya. Syarat mutu agregat kasar menurut BSN (1989) adalah sebagai berikut ini.

- 1) Berbutir kuat dan tajam.
- 2) Tidak mudah hancur oleh cuaca.
- 3) Bergradasi baik sehingga memiliki sedikit rongga, modulus halus butir antara 6 – 7,1.
- 4) Tidak boleh mengandung garam dan zat organik yang dapat merusak beton.
- 5) Kadar lumpur maksimum 1%.

2.2.3 *Self-Compacting Concrete* (SCC)

Self-Compacting Concrete (SCC) merupakan inovasi beton yang dapat mengisi ruangan tanpa penggetaran dengan mengandalkan berat sendiri dan gaya gravitasi. Beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) memiliki sifat keras yang sama dengan beton konvensional (*SCC Guidelines*, 2005). Karakteristik dari campuran beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) adalah sebagai berikut ini.

- 1) Komposisi agregat kasar lebih sedikit dari agregat halus.
- 2) Komposisi pasta semen lebih banyak.
- 3) Rasio air semen bernilai kecil.
- 4) *Superplasticizer* digunakan untuk meningkatkan *workability* beton.
- 5) Dapat ditambahkan *viscosity modifying admixture*.

2.2.3.1 Sifat-sifat *Self-Compacting Concrete* (SCC)

Suatu beton dapat dikatakan sebagai *Self-Compacting Concrete* (SCC) apabila dapat mengalir tanpa bantuan *vibrator*. Terdapat 4 (empat) jenis sifat-sifat yang harus dimiliki beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) menurut *SCC Guidelines* (2005) antara lain *flow ability*, *viscosity*, *passing ability*, dan *segregation resistance*. Sifat-sifat adalah sebagai berikut ini.

1) *Flowability*

Flowability merupakan kemampuan beton mengalir mengisi ruang tanpa adanya hambatan. Kemampuan mengalir yang tinggi disebabkan karena penggunaan *superplasticizer*. Daya alir yang terlalu tinggi akan menyebabkan segregasi.

2) *Viscosity*

Kekentalan dalam beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) ditentukan dari kecepatan aliran beton menggunakan alat *V-Funnel*. Beton dikatakan memiliki kekentalan rendah apabila kecepatan mengalirnya singkat dan kemudian berhenti, dan dikatakan memiliki kekentalan tinggi apabila pola alirannya merayap dalam waktu yang lama.

3) *Passing Ability*

Passing Ability merupakan kemampuan beton untuk mengalir mengisi ruang pada celah yang sempit misalnya celah antar tulangan tanpa terjadinya segregasi.

4) *Segregation Resistance*

Segregation Resistance merupakan kemampuan beton untuk tetap menjaga campuran agar tetap homogen saat masih segar. Penggunaan *superplasticizer* yang terlalu tinggi akan mengurangi kemampuan beton dalam menahan segregasi.

2.2.3.2 Pemeriksaan *Self-Fiber Compacting Concrete* (SFCC)

Pembuatan beton *Self-Fiber Compacting Concrete* (SFCC) harus melewati beberapa pengujian *fresh properties* antara lain *slump flow*, *v-funnel*, *l-box* dan T_{500} . Beberapa pengujian tersebut diuraikan sebagai berikut ini.

1) *Slump Flow*

Slump Flow merupakan pengujian untuk mengetahui kemampuan mengalir dari beton SFCC tanpa adanya penghalang. Pengujian *slump flow* menggunakan meja sebar dan kerucut *abram* dengan diameter kecil 10 cm dan diameter besar 20 cm, tinggi kerucut *abram* 30 cm. Meja sebar yang digunakan memiliki panjang sisi 900×900 mm dan terdapat lingkaran pada bagian tengah meja berdiameter 500 mm seperti pada Gambar 2.5 (a).

2) *V-funnel*

V-funnel merupakan pengujian untuk mengetahui nilai viskositas dan *filling ability* pada beton *Self-Fiber Compacting Concrete* (SFCC). Pengujian *V-funnel* menggunakan alat corong berbentuk huruf V. Alat yang digunakan memiliki panjang dan lebar bukaan atas sebesar 515×75 mm, bukaan bawah sebesar 65×75 mm dengan tinggi corong 600 mm seperti pada Gambar 2.5 (b).

3) *L-box*

Pengujian *L-box* digunakan untuk mengetahui nilai *passing ability* dari beton *Self-Fiber Compacting Concrete* (SFCC) untuk mengalir melewati tulangan tanpa terjadi segregasi dan *blocking*. Pengujian menggunakan balok berbentuk huruf L, balok vertikal dan horizontal memiliki panjang 600 mm, detail ukuran *L-box* ada pada Gambar 2.5 (c).

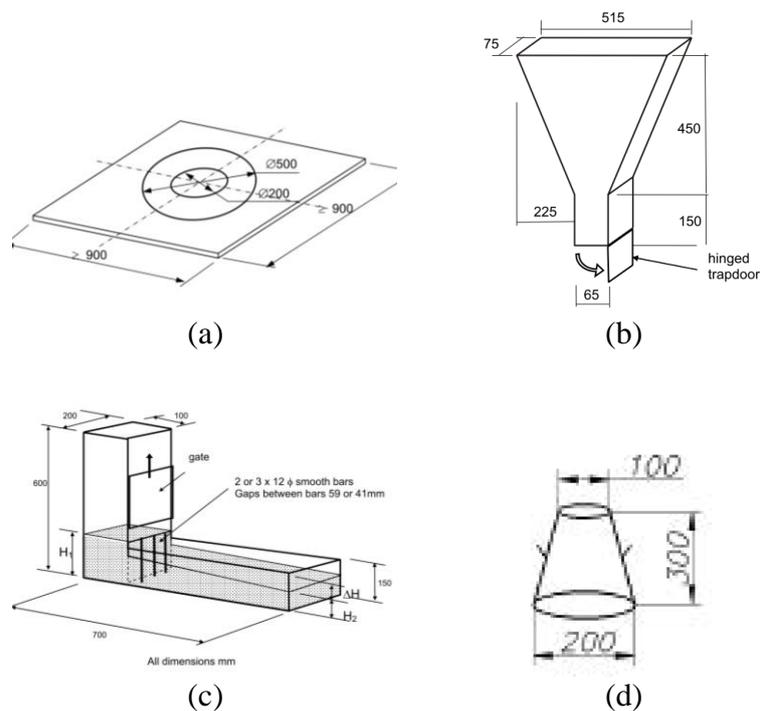
4) Meja Sebar T_{500}

Pengujian meja sebar (T_{50}) digunakan untuk mengetahui kecepatan aliran beton SFCC saat mencapai diameter 500 mm. Pengujian meja sebar (T_{50}) menggunakan peralatan sama seperti pengujian *slump flow* yang menggunakan meja sebar dan kerucut abrasif dengan diameter kecil 10 cm dan diameter besar 20 cm, detail ukuran kerucut abrasif ada pada Gambar 2.5 (d).

Batas nilai *fresh properties* telah ditentukan oleh *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Buildings Product for Concrete* (EFNARC) yang tercantum pada Tabel 2.12. Masing-masing metode pengujian harus memenuhi persyaratan yang ditentukan agar campuran beton dapat dikatakan sebagai *Self-Fiber Compacting Concrete* yang dapat mengisi ruang tanpa bantuan *vibrator*.

Tabel 2.12 Batas nilai *fresh properties* (EFNARC, 2002)

Parameter	Rentang nilai
<i>Slump flow</i>	650 – 800 mm
$T_{500 \text{ mm}}$	2 – 5 detik
<i>V-funnel</i>	6 – 12 detik
<i>L-box</i>	0,8 – 1,0



Gambar 2.5 Sketsa alat: (a) Meja sebar, (b) *V-funnel*, (c) *L-box*, dan (d) Kerucut abrasi (EFNARC, 2002).

2.2.4 *Silica Fume*

Silica fume merupakan jenis *pozzolan* yang memiliki butiran halus dengan komposisi silika lebih banyak yang berasal dari sisa produksi silikon. Penggunaan *silica fume* pada beton bertujuan untuk meningkatkan kekuatan beton. Pada penelitian ini digunakan *silica fume* dari produk PT. Sika Indonesia. Karena sifatnya sebagai *pozzolan* dan pada penelitian Dewi (2016) telah terbukti dapat meningkatkan kuat tarik belah pada persentase 5% hingga 15% maka *silica fume* dapat digunakan sebagai bahan tambah pembuatan beton.

2.2.5 *Superplasticizer* (Sikament LN)

Superplasticizer merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan air. Penelitian ini menggunakan *superplasticizer* berupa *Sikament LN* yang berfungsi selain mengurangi penggunaan air juga untuk mempercepat pengerasan beton sesuai dengan ASTM C494-92 type F (ASTM, 2015).

2.2.6 Uji Tarik Belah

Pengujian tarik belah beton dilakukan dengan memberi gaya tekan pada selimut atau diameter silinder beton yang menyebabkan keruntuhan tarik. Pengujian menggunakan bantalan tipis yang berfungsi untuk mendistribusikan beban tekan ke seluruh bagian selimut beton (BSN, 2014). Penempatan benda uji pada mesin uji tekan terdapat pada Gambar 2.6. Spesimen yang diuji berbentuk silinder berukuran 150×300 mm. Perhitungan kuat tarik belah menggunakan Persamaan (2.1) berikut ini.

$$T = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan:

T = kuat tarik belah (MPa),

P = beban maksimum (N),

L = panjang (mm), dan

D = diameter (mm).



Gambar 2.6 Penempatan benda uji pada mesin uji tekan