

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

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

1. Perbandingan Pengaruh Metakaolin dan *Silica Fume* pada Kinerja Beton *Fly Ash* (Yunfen dkk., 2016).
2. Pengaruh Mineral Tanah Liat Terkalsinasi dan *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton (Soltani, 2017).
3. Pengaruh Superplasticizer Berbasis *Cyclohexanone* pada Kuat Tekan, Sifat Fisik, dan Sifat Kimia Pasta Semen (Aiad dkk., 2016).
4. Indikator Daya Tahan *Self-Consolidating High-Strength Concrete* dengan Bahan Tambah Abu Bakar Kelapa Sawit (Salam dkk., 2018).
5. Komposit *Intraply Hybrid* dari *Basalt and Nylon Woven Fabrics*: Sifat Tarik dan Tekan (Nosraty, 2015).
6. Kinerja Beton yang Dicampur Dengan Bahan Pozzolan Di Lingkungan Laut (Khan, 2017).
7. Pengaruh Jenis *Superplasticizer* pada Sifat Semen dengan *Slag* (Laichaoui, 2018).
8. Pengembangan *Self-Consolidating High Strength Concrete* dengan Bahan Tambah Olahan Abu Bakar Kelapa Sawit (Alsubari dkk., 2015).
9. Meningkatkan Sifat Mekanik dari *2-D-Structured Electrospun Nylon 6 Non-Woven Fiber Mats* (Xiang dan Frey, 2016).
10. Sifat Dasar Keadaan Segar dari *Self-Consolidating Concrete: Meta-Analysis* dari Desain Campuran (Garcia, 2018).

2.1.1. Penelitian Terdahulu Tentang Agregat Halus

Ervianto dkk. (2016) dalam melakukan pengujian sifat fisik dan mekanik pasir yang berasal dari kali progo. Tabel 2.1 menyajikan hasil uji agregat halus, berdasarkan hasil pengujian agregat halus masuk gradasi butiran daerah 2, kadar air 4,575%, berat jenis agregat 2,590, penyerapan air 0,260%, berat satuan 1,310 g/cm³ dan kadar lumpur 4,532%, gradasi agregat 2,648.

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

No	Pengujian	Satuan	Hasil
1	Gradasi butiran	-	Daerah 2
2	Gradasi agregat	-	2,648
3	Kadar air agregat	%	4,575
4	Berat jenis	-	2,590
5	Penyerapan air	%	0,260
6	Berat satuan	g/cm ³	1,310
7	Kadar lumpur	%	4,532

2.1.2. Penelitian Terdahulu Tentang Agregat Kasar

Ervianto dkk. (2016) melakukan pengujian agregat kasar yang berasal dari Clereng, Kabupaten Kulon Progo. Dari hasil pengujian pada Tabel 2.2 didapat berat jenis sebesar 2,630; berat satuan sebesar 1,550 g/cm³; keausan sebesar 21,360%; kadar air sebesar 0,549%; penyerapan air sebesar 1,438% dan kadar lumpur sebesar 1,750%.

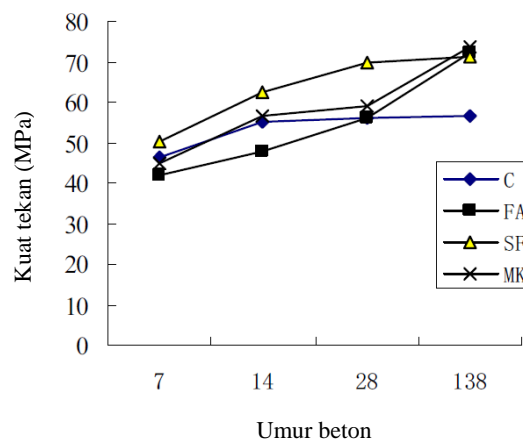
Tabel 2.2 Hasil pengujian agregat kasar (*split*) Clereng (Ervianto dkk., 2016)

No	Jenis Pengujian Agregat	Hasil
1	Berat jenis	2,630
2	Berat satuan (gr/cm ³)	1,550
3	Keausan (%)	21,360
4	Kadar air (%)	0,549
5	Penyerapan air (%)	1,438
6	Kadar lumpur (%)	1,750

2.1.3. Penelitian Terdahulu tentang *Silica Fume*

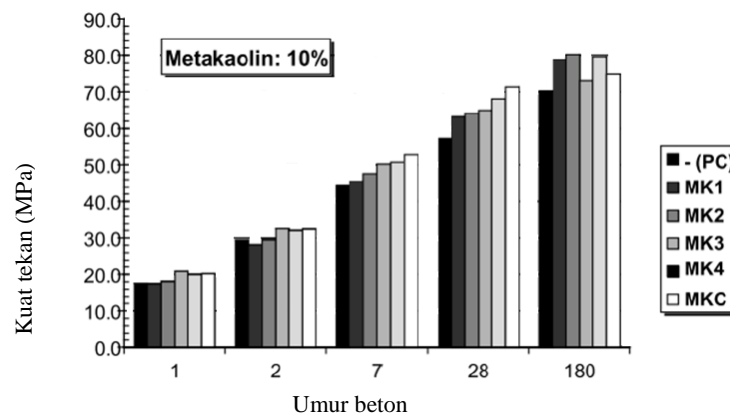
Yunfen dkk. (2016) melakukan pengujian untuk membandingkan pengaruh *metakolin* dan *silica fume* terhadap kuat tekan beton *fly ash*. Dosis *fly ash* yang digunakan adalah 35% sebagai pengganti semen, dosis *metakolin* atau *silica fume* yang digunakan adalah 8%, dan rasio air yang digunakan sebesar 0,29. Berdasarkan Gambar 2.1 dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton normal meningkat pada hari

awal kemudian tidak meningkat setelah 14 hari dan memiliki kuat tekan paling rendah diantara empat jenis beton setelah 138 hari, kuat tekan beton dengan tambahan *fly ash* 35% memiliki kuat tekan awal yang rendah tetapi kuat tekan meningkat sebesar 72 MPa setelah 138 hari, kuat tekan beton dengan penambahan *metakolin* dan *silica fume* dapat meningkatkan kuat tekan awal beton *fly ash* terutama *silica fume*.

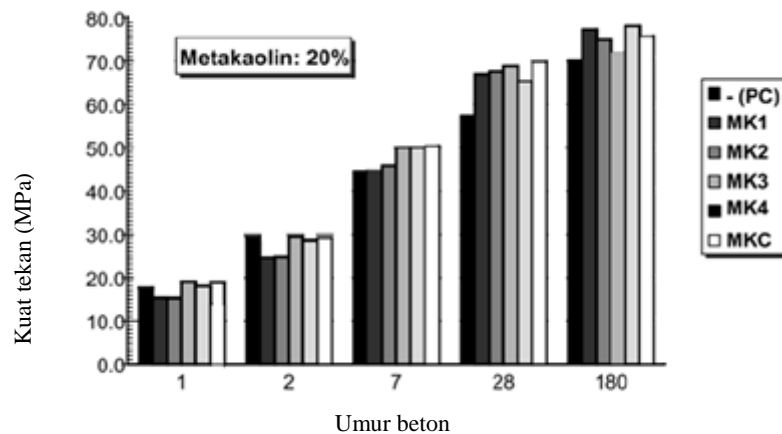


Gambar 2.1 Hubungan kuat tekan beton dan umur beton (Yunfen dkk., 2016).

Soltani (2017) melakukan pengujian tentang pengaruh mineral tanah liat terkalsinasi dan *silica fume* terhadap kuat tekan beton. Pengujian menggunakan 15 *mix designs* dengan rasio air terhadap semen 0,38, enam desain campuran kombinasi menggunakan *metakaolin* dan *silica fume* atau *zeolite*. Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 menunjukkan hasil pengujian campuran yang mengandung *metakaolin* atau *zeolite* dengan rasio 10% atau 20% menunjukkan peningkatan kuat tekan yang signifikan dan meningkatkan *durability* beton.

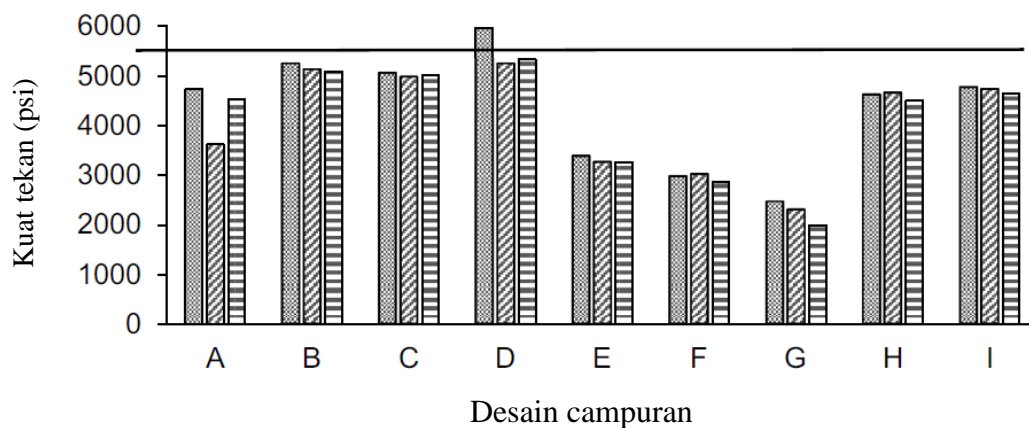


Gambar 2.2 Hubungan kuat tekan beton dan umur beton (Soltani, 2017).



Gambar 2.3 Hubungan kuat tekan beton dan umur beton (Soltani, 2017).

Khan (2017) melakukan penelitian untuk menguji kinerja beton yang dicampur dengan bahan pozzolan di lingkungan laut, bahan pozzolan yang digunakan *blast furnace slag*, *fly ash*, dan *silica fume*. Berdasarkan Gambar 2.4 Desain kuat tekan ditentukan 5000 psi telah dicapai sebagian besar campuran kecuali untuk campuran *fly ash* dengan atau tanpa *silica fume* dan *slag* (E, F, dan G), kinerja campuran B, C, H dan I lebih baik kemudian diikuti oleh desain campuran E, F, A, D, dan G.

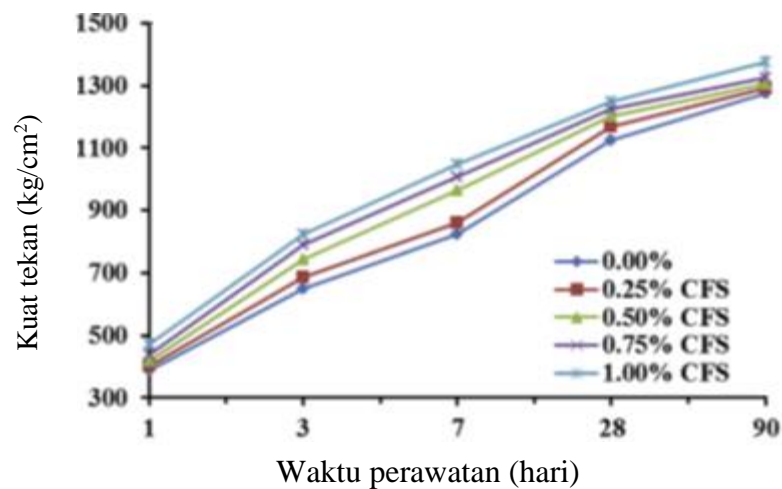


Gambar 2.4 Hubungan kuat tekan dan desain bahan campuran yang berbeda (Khan, 2017).

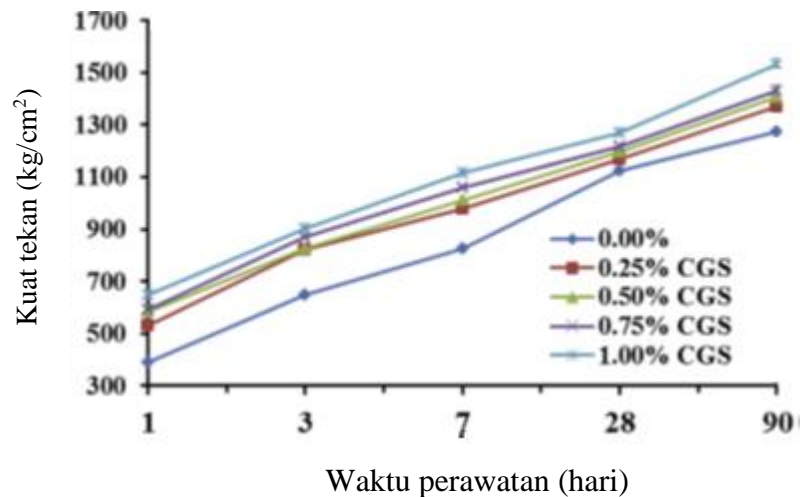
2.1.4 Penelitian Terdahulu Tentang *Superplasticizer*

Aiad dkk. (2016) melakukan penelitian untuk menguji pengaruh *superplasticizer* berbasis *cyclohexanone* pada kuat tekan, sifat fisik, dan sifat kimia

pasta semen. Pengujian ini menggunakan dua jenis *superplasticizer* yaitu *cyclohexanone formaldehyde sulfanilate* (CFS) dan *cyclohexanone glyoxylic sulfanilate* (CGS), *superplasticizer* ditambahkan pada pasta semen dengan rasio 0%, 0,25%, 0,50%, 0,75%, dan 100% dari berat semen, secara grafis ditunjukkan pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6 peningkatan tajam nilai kuat tekan terjadi pada umur satu hingga tiga hari kemudian secara bertahap meningkat hingga umur 28 hari dan pada saat *curing* (90 hari) peningkatan kekuatan mulai berkurang.



Gambar 2.5 Hubungan kuat tekan beton dan waktu perawatan (Aiad dkk., 2016).



Gambar 2.6 Hubungan kuat tekan beton dan waktu perawatan (Aiad dkk., 2016).

Laichaoui dkk. (2018) melakukan penelitian untuk menguji pengaruh jenis *superplasticizer* pada sifat semen dengan *slag*, pengujian dilakukan menggunakan empat jenis *superplasticizer* kemudian pengujian pada mortar dilakukan pada umur

28 hari dan 56 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa viskositas dan tegangan menghasilkan peningkatan, *superplasticizer polycarboxylate* lebih efektif meningkatkan *workability* tetapi memiliki efek samping menyebabkan sedimentasi, efek samping ini dapat berkurang dengan penggunaan *slag*.

2.1.5 Penelitian Terdahulu Tentang *Self-Fiber Compacting Concrete*

Salam dkk. (2018) melakukan pengujian untuk mengetahui indikator daya tahan *self-consolidating high-strength concrete* dengan bahan tambah abu bakar kelapa sawit. Campuran SCHSC digunakan dengan variasi rasio air terhadap binder 0,25 hingga 0,40 dan abu bakar kelapa sawit 10 – 30 %. Tabel 2.3 Menunjukkan hasil uji *workability* SCHSC dengan rasio w/b yang berbeda telah memenuhi persyaratan kemampuan mengisi SCC, hasil uji *slump flow* pada campuran beton berbeda berada dalam kisaran 605 mm hingga 720 mm, hasil uji *j-ring* berkisar 570 mm hingga 700 mm, indeks segregasi bervariasi dalam kisaran 9 - 18,9 %. Tabel 2.4 menunjukkan kuat tekan SCHSC meningkat dengan penurunan rasio w/b, seperti yang dapat dilihat dari Gambar 2.7 dan Gambar 2.8. Penggunaan abu kelapa sawit mempengaruhi kuat tekan sebesar 10 % dan 20 %, abu kelapa sawit lebih baik dari pada semen karena memiliki tingkat kehalusan yang lebih tinggi berdasarkan tes kehalusan saringan sehingga kemampuan mengisi *microvoids* dalam pasta semen yang baik. Kemampuan mengisi abu kelapa sawit menghasilkan beton yang padat dan reaksi *pozzolanic* berkontribusi meningkatkan kuat tekan beton pada umur yang lebih tua 28 hari hingga 56 hari.

Tabel 2.3 Hasil uji sifat beton segar (Salam dkk., 2018)

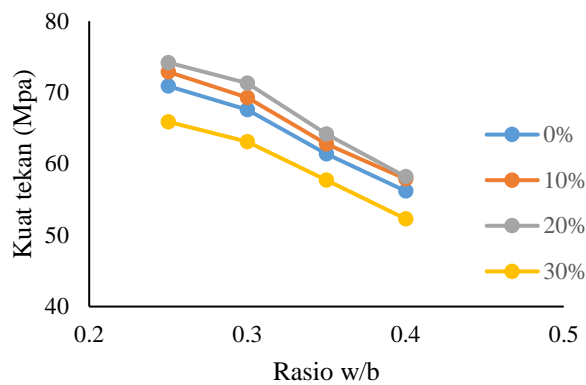
Campuran beton	<i>Slump flow</i> (mm)	<i>J-Ring flow</i> (mm)	Indeks segregasi (%)
C25P0	660	620	11,1
C25P10	680	645	13,9
C25P20	705	680	17,9
C25P30	720	700	18,9
C30P0	640	605	10,3
C30P10	655	625	10,9
C30P20	670	645	13,6

Tabel 2.3 Lanjutan

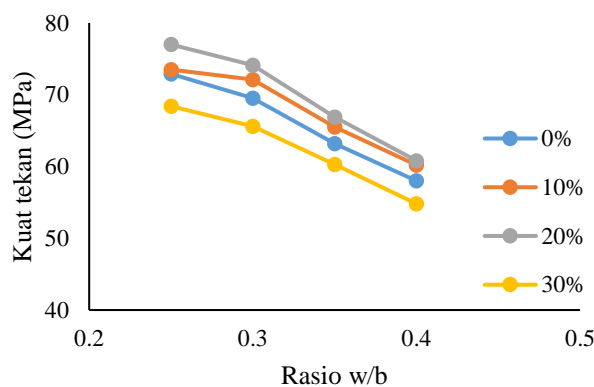
Campuran beton	<i>Slump flow</i> (mm)	<i>J-Ring flow</i> (mm)	Indeks segregasi (%)
C30P30	700	675	17,0
C35P0	630	590	10,4
C35P10	640	610	10,0
C35P20	665	630	11,2
C35P30	675	650	12,0
C40P0	605	570	9,0
C40P10	620	595	9,3
C40P20	630	600	10,1
C40P30	645	615	10,4

Tabel 2.4 Hasil uji kuat tekan SCHSC (Salam dkk., 2018)

Campuran beton	Rasio w/b	% Abu kelapa sawit	Kuat tekan (MPa)	
			28 hari	56 hari
C25P0	0,25	0	70,9	72,9
C25P10	0,25	10	72,9	73,5
C25P20	0,25	20	74,2	77,0
C25P30	0,25	30	65,9	68,4
C30P0	0,30	0	67,6	69,5
C30P10	0,30	10	69,3	72,1
C30P20	0,30	20	71,3	74,1
C30P30	0,30	30	63,1	65,6
C35P0	0,35	0	61,4	63,2
C35P10	0,35	10	62,8	65,5
C35P20	0,35	20	64,2	66,9
C35P30	0,35	30	57,7	60,3
C40P0	0,40	0	56,2	58,0
C40P10	0,40	10	57,9	60,2
C40P20	0,40	20	58,2	60,8
C40P30	0,40	30	52,3	54,8



Gambar 2.7 Hubungan kuat tekan beton umur 28 hari dan rasio w/b (Salam dkk., 2018)



Gambar 2.8 Hubungan kuat tekan beton umur 56 hari dan rasio w/b (Salam dkk., 2018)

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%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat segar, pengeringan susut, ketahanan terhadap serangan asam dan kuat tekan beton mengalami peningkatan signifikan dibandingkan beton normal.

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. Hasil pengujian membuktikan bahwa kinerja SCC segar ditentukan oleh tiga sifat dasar yaitu *flow time*, *slow spread*, dan *resistensi segregation*. Keberadaan bahan tambah semen

dapat mengoptimalkan tiga sifat dasar campuran SCC, rasio agregat kasar dan agregat halus minimal 1 : 1 sehingga campuran SCC baik dari segi waktu aliran dan penyebaran aliran, rasio w/c 0,45 untuk campuran beton dibawah 100 kg/m^3 dan agregat halus tidak lebih rendah dari 750 kg/m^3 .

2.1.6. Penelitian Terdahulu Bahan Tambah Serat Nylon

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*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *modulus young*, kuat tarik, dan ketangguhan *nylon 6 non-woven fiber mats* meningkat dari 20% masing masing meningkat 51%, 87%, dan 136% setelah memasukkan 1% CNT kedalam *nylon 6 nanofibers*.

Nosraty dkk. (2015) menguji perilaku tarik dan tekan dari komposit murni dan komposit *hybrid* yang diperkuat oleh *basalt-nylon bi woven*, tujuan penggunaan komposit *hybrid* adalah untuk mendapatkan karakteristik yang unggul dengan menggunakan sifat kekuatan dari *basalt-nylon*. Lima jenis *nylon* digunakan sebagai penguat dengan persentase (0%, 25%, 33,3%, 50%, dan 100%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja tarik dan tekan dari komposit ini sangat dipengaruhi oleh kandungan serat *nylon/basalt*, dengan pilihan kandungan serat yang tepat komposit hibrida nilon/basal dapat mencapai sifat mekanik sebanding dengan yang murni.

2.1.7. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Tabel 2.5 Perbedaan penelitian terdahulu dan yang sekarang dilakukan

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan	
				Terdahulu	Sekarang
1	Perbandingan Pengaruh Metakaolin dan <i>Silica Fume</i> pada Kinerja Beton	2016	Pengujian lab	<i>Metakolin silica</i> digunakan sebagai bahan tambah untuk	dan <i>Silica fume nylon</i> digunakan sebagai bahan tambah untuk menguji

Tabel 2.5 Lanjutan

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan			
				Terdahulu		Sekarang	
				menguji tekan <i>ash</i>	kuat beton <i>fly ash</i>	Kuat tekan <i>self-fiber compacting concrete</i>	
2	Mineral Liat Terkalsinasi dan <i>Silica Fume</i> Terhadap Kuat Tekan Beton (Soltani)	Tanah 2017	Pengujian lab	Bahan dengan 5%, 10%, 15% dan digunakan dalam campuran beton.	tambah <i>silica fume</i> kadar 15% digunakan dalam campuran beton.	Bahan dengan 0%, 5%, 10%, dan 15% digunakan dalam campuran beton.	tambah <i>silica fume</i> kadar 15% digunakan dalam campuran beton.
3	Pengaruh Berbasis <i>Cyclohexanone</i> pada Kuat Tekan, Fisik, dan Kimia Semen (Aiad dkk.)	2016	Pengujian lab	Dua jenis <i>superplasticizer</i> yaitu <i>cyclohexanone formaldehyde sulfanilate</i> dan <i>cyclohexanone glyoxylic sulfanilate</i> (CGS) dengan kadar 0%, 0,25%, 0,75%, dan 100% digunakan dalam penelitian.	Satu jenis <i>superplasticizer</i> yaitu <i>sikament LN</i> dengan kadar 1,5% digunakan dalam penelitian.		

Tabel 2.5 Lanjutan

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan	
				Terdahulu	Sekarang
4	Tahan <i>Self-Consolidating High-Strength Concrete</i> dengan Bahan Tambah Abu Bakar Kelapa Sawit (Salam dkk.)	2018	Pengujian lab	Bahan abu bakar kelapa sawit digunakan sebagai bahan tambah semen.	Bahan <i>silica fume</i> dan <i>nylon</i> sebagai bahan tambah semen.
5	Komposit <i>Intraply Hybrid</i> dari <i>Basalt and Nylon Woven Fabrics</i> : Sifat Tarik dan Tekan (Nosraty)	2015	Pengujian lab	Lima jenis <i>nylon</i> dengan persentase 0%, 25%, 33,3%, 50%, dan 100% dari berat semen digunakan dalam penelitian.	Satu jenis <i>nylon</i> dengan persentase 1% dari berat semen digunakan dalam penelitian.
6	Kinerja Beton yang Dicampur Dengan Bahan Pozzolan Di Lingkungan Laut (Khan)	2017	Pengujian lab	<i>Blast fumace slag, fly ash, dan silica fume</i> digunakan sebagai bahan tambah campuran semen beton kemudian di uji pada umur	<i>Silica fume</i> digunakan sebagai bahan tambah campuran beton dan kuat tekan beton di uji pada umur

Tabel 2.5 Lanjutan

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan	
				Terdahulu	Sekarang
				28 hari dan 100 hari.	3, 7, dan 28 hari
7	Menguji Pengaruh Jenis <i>Superplasticizer</i> pada Sifat Semen dengan <i>Slag</i> (Laichaoui dkk.)	2018	Pengujian lab	<i>Superplasticizer cyclohexanone formaldehyde sulfanilate</i> (CFS) dan <i>cyclohexanone glyoxylic sulfanilate</i> (CGS) digunakan dalam penelitian.	<i>Superplasticizer Sikament LN</i> digunakan dalam penelitian.
8	Pengembangan <i>Self-Consolidating High Strength Concrete</i> dengan Bahan Tambah Olahan Abu Bakar Kelapa Sawit (Alsubari dkk.)	2015	Pengujian lab	Abu kelapa sawit digunakan sebagai bahan tambah semen dengan kadar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 50%.	<i>Silica fume</i> digunakan sebagai bahan tambah semen dengan kadar 0%, 5%, 10%, dan 15%.
9	Meningkatkan Sifat Mekanik dari 2-D-	2016	Pengujian lab	Penelitian dilakukan untuk menguji kuat	Penelitian dilakukan untuk menguji

Tabel 2.5 Lanjutan

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan	
				Terdahulu	Sekarang
	<i>Structured Electrospun Nylon 6 Non-Woven Fiber Mats</i> (Xiang dan Frey)	2016	Pengujian lab	tarik, <i>modulus young</i> , dan ketanggunahan <i>nylon</i> .	kuat tekan SFCC dengan tambahan <i>nylon</i> .
10	Sifat Dasar Keadaan Segar dari <i>Self-Consolidating Concrete</i> : <i>Meta-Analysis</i> dari Desain Campuran (Garcia)	2018	Pengujian lab	Pengujian dilakukan untuk menguji sifat dasar keadaan segar dengan <i>meta-analysis</i> .	Pengujian dilakukan untuk menguji kuat tekan beton. SCC dengan <i>meta-analysis</i> .

2.1.8. Keaslian Penelitian

Berdasarkan perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang, penelitian yang telah dilakukan dengan judul “*Fresh Properties dan Kuat Tekan Self-Fiber Compacting Concrete (SFCC) dengan Bahan Tambah Silica Fume dan Serat Nylon*” adalah asli dan menurut sepengetahuan penulis penelitian ini belum pernah diteliti sebelumnya.

2.2. Dasar Teori

2.2.1 Beton

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan bahan tambahan (*admixture*), yang setelah di campur merata (warna seragam) menghasilkan suatu campuran yang plastis (antara cair dan padat) sehingga dapat di tuang kedalam cetakan, untuk membentuknya

menjadi bentuk yang diinginkan setelah menjadi keras atau padat (Tjokrodinuljo, 2010).

2.2.2 Bahan Penyusun Beton

2.2.2.1 Semen

Semen *Portland* didefinisikan sebagai semen *hidraulik* yang dihasilkan dengan menggiling kliner yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (ASTM, 1985).

BSN (1989) semen *portland* dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut ini.

- 1) Jenis I, yaitu semen *portland* untuk konstruksi umum yang penggunaan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.
- 2) Jenis II, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3) Jenis III, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- 4) Jenis IV, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- 5) Jenis V, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Bahan dasar penyusun semen terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, *silica*, oksidasi besi adalah unsur pokok semen. Susunan unsur-unsur semen dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Susunan unsur-unsur semen (BSN, 1989)

Oksida	Persen
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4

Tabel 2.6 Lanjutan

Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5 - 1

2.2.2.2 Air

Syarat air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton menurut (ASTM, 2013) adalah sebagai berikut ini.

- 1) Air untuk pengadukan (air yang ditimbang atau di ukur di *batching plant*).
- 2) Es.
- 3) Air yang ditimbang oleh operator truk.
- 4) Air bebas pada agregat-agregat.
- 5) Air yang masuk dalam bentuk bahan-bahan tambahan, apabila air ini dapat meningkatkan rasio air semen lebih dari 0,01.
- 6) Air minum boleh digunakan sebagai air pencampur beton tanpa diuji apakah sesuai persyaratan standar ini.
- 7) Air pencampur yang seluruh atau sebagian terdiri dari sumber-sumber air yang tidak dapat di minum atau air dari produksi beton boleh digunakan dalam setiap proporsi dengan batasan kualitas yang memenuhi persyaratan.
- 8) Sumber-sumber air yang tidak bisa diminum harus memenuhi syarat penggunaan sesuai pengujian dan persyaratan.
- 9) Air kombinasi yang dicampur dari dua atau lebih sumber air, dimana satu dari sumber tersebut adalah air sisa produksi beton, harus memenuhi syarat untuk penggunaan pengujian dan persyaratan.

2.2.2.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (BSN, 2008). Persyaratan agregat halus secara umum menurut (BSN, 1989) adalah seperti berikut ini.

- 1) Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
- 2) Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- 3) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus di cuci.

- 4) Agregat halus tidak mengandung zat organik.
- 5) Modulus halus butir 1,5 – 3,8 dengan variasi butir sesuai standar gradasi.

2.2.2.4 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil hasil disintegrasi alami dari batuan dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 – 40 mm (BSN, 2008). Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut ini.

- 1) Butir-butirnya keras dan tidak berpori, indeks kekerasan $\leq 5\%$ (diuji dengan goresan batang tembaga). Bila diuji dengan bejana Rudeloff atau Los Angeles.
- 2) Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%.
- 3) Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 1%.
- 4) Tidak boleh mengandung zat-zat yang raktif terhadap alkali.
- 5) Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%.
- 6) Modulus halus butir antara 6 – 7,10 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- 7) Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari: $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $1/3$ tebal pelat beton, $3/4$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.

2.2.3. Self-Fiber Compacting Concrete

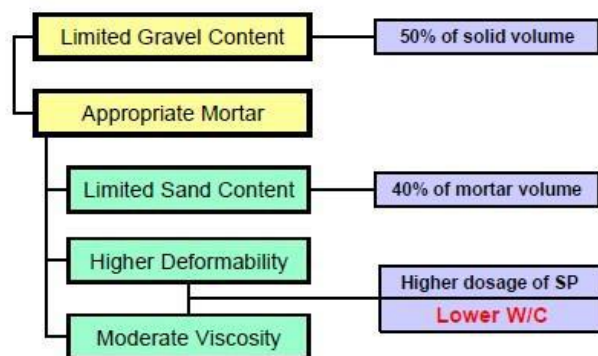
Self-Compacting Concrete (SCC) adalah beton yang mampu mengalir dan terkonsolidasi di bawah bobotnya sendiri, sepenuhnya mengisi bekisting bahkan di hadapan tulangan padat, sembari mempertahankan homogenitas dan tanpa perlu pemadatan tambahan (EFNARC, 2002). Beton *self-fiber compacting concrete* dapat memadat sendiri karena tingkat *fluidity* atau tingkat kekentalan campuran yang rendah, beton SFCC dapat mengalir kesemua celah atau ruang pada tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri dari campuran beton.

Penambahan serat pada beton dimaksudkan agar serat dapat memperbaiki daya ikat pada beton sehingga dapat mengurangi keretakan akibat penyusutan selain serat dapat mencegah perkembangan ukuran retak pada beton menjadi lebih besar dan penggunaan serat dapat meningkatkan kekuatan beton. Penggunaan *self-*

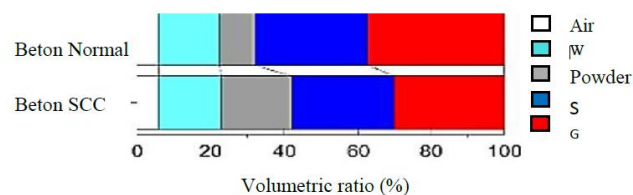
fiber compacting concrete memiliki beberapa keuntungan yaitu dapat menekan biaya produksi karena waktu pengerjaan yang lebih cepat dibandingkan beton biasa, dan tidak membutuhkan alat pemadat sehingga dapat mengurangi jumlah pekerja, selain itu penggunaan beton ini dapat mengurangi kebisingan penggunaan *vibrator*. Kekurang SFCC yaitu pembuatan SFCC lebih mahal dibandingkan dengan beton konvensional.

2.2.3.1 Material Penyusun beton *Self-Fiber Compacting Concrete*

Komposisi agregat beton konvensional dan beton SCC memiliki komposisi agregat kasar yang berbeda. Untuk beton konvensional menempati 70 - 75 % dari total volume beton, sedangkan untuk beton SCC agregat kasar dibatasi jumlahnya sekitar kurang lebih 50 % dari total volume beton yang diuraikan pada gambar 2.9. Beton SCC memiliki batasan agregat kasar dikarenakan beton SCC harus dapat mengalir sendiri dan memadat tanpa menggunakan alat pemadat (Okamura dan Ouchi, 2003). Gambar 2.10 menunjukkan bahwa dengan presentasi air yang sama namun jumlah presentasi *powder* untuk beton SCC lebih besar dibandingkan dengan beton konvensional. *Powder* ini digunakan sebagai pengikat antar agregat, dan penggunaan *powder* yang lebih banyak pada beton SCC agar beton yang dihasilkan bisa mengalir sendiri dengan diimbangi presentase agregat.



Gambar 2.9 Bahan campuran beton SCC (Okamura dan Ouchi, 2003)



Gambar 2.10 Perbandingan beton konvensional dan bahan campuran pada SCC (Okamura dan Ouchi, 2003)

2.2.3.2 Sifat *Self-Fiber Compacting Concrete*

Beton dikatakan sebagai beton *self-compacting concrete* harus memenuhi beberapa syarat. Untuk memenuhi keadaan dimana beton bisa mengalir sendiri dan tidak mengalami segregasi dipenuhi dengan beberapa kriteria sebagai berikut ini.

1) *Filling Ability*

Kemampuan beton segar mengisi semua ruang dalam bekisting, dengan beratnya sendiri.

2) *Flowability*

Kemudahan aliran beton segar ketika tidak dibatasi oleh bekisting. Pengujian dilakukan dengan menggunakan meja sebar T50 cm dan *V-funnel*. Campuran beton nantinya disebarkan dimeja sebar yang memiliki ukuran 50 cm. Waktu durasi untuk beton campuran menyebar/ mengalir dimeja sebar adalah 2 - 5 detik.

3) *Passing ability*

Kemampuan beton segar mengalir melalui lubang yang rapat seperti ruang diantara palang penguat baja tanpa pemisah, penelitian ini menggunakan *l-box*.

4) *Segregation resistance*

Kemampuan beton untuk tetap homogen dalam komposisi dalam keadaan segar. Beton SCC memiliki tingkat keenceran yang lebih tinggi dibandingkan beton konvensional tetapi beton yang diciptakan harus bebas dari segregasi.

2.2.3.3. Pemeriksaan *Self-Fiber Compacting Concrete* (SFCC)

Pemeriksaan beton *self-compacting concrete* menurut *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products* (EFNARC) ada beberapa metode yang digunakan untuk pengujian dari sifat-sifat yang harus dicapai sebagai kriteria beton SCC, sebagai berikut ini.

1. *Slump flow*

Nilai *slump flow* menggambarkan flowabilitas campuran segar beton, pengujian menggunakan *abrams cone* dan meja sebar T50 cm. Proses pengujian dilakukan dengan cara mengisi beton segar kedalam kerucut abrams kemudian setelah penuh kerucut diangkat. Menurut *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building*

Products (EFNARC) memiliki kriteria *slump flow* 650 - 800 mm dan dengan durasi waktu 2 - 5 detik.

2. *L-box*

Tes *L-box* digunakan untuk mengukur kemampuan *passing ability* beton SCC untuk mengalir melalui lubang rapat termasuk ruang antara tulangan penguat dan penghalan lainnya tanpa segregasi. Pada pemeriksaan ini kriteria menurut EFNARC yang dipakai adalah dengan perbandingan h_2/h_1 antara 0,8 – 1.

3. *V-funnel*

Uji *V-funnel* digunakan untuk menilai viskositas dan *filling ability* beton *self-compacting concrete*. Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah corong yang berbentuk V yang dibagian bawah ada pintu yang bisa dibuka dan ditutup. Menurut EFNARC kriteria campuran beton yang keluar dari corong memiliki durasi waktu 6 - 12 detik. Batas-batas sifat beton segar disajikan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Batas-batas sifat beton segar SCC (EFNARC, 2002)

Parameter	Kisaran
<i>Slump flow</i>	650 mm – 800 mm
$T_{50\text{ cm}}$	2 – 5 detik
<i>V-funnel</i>	6 – 12 detik
<i>L-box</i>	$\geq 0,8$

2.2.4 *Silica Fume*

Silica fume adalah bahan *pozzolan* yang sangat halus, sebagian besar tersusun dari *amorphous silica* hasil dari pengurangan kuarsa kemurnian tinggi dengan kokas pada tungku listrik dalam produksi silikom dan paduan *ferro-silicon* (ASTM, 2013). Sifat kimia *silica fume* dapat dilihat pada Tabel 2.8 dan Tabel 2.9.

Tabel 2.8 Sifat kimia (ASTM, 2013)

Oksida	Persen
<i>SiO₂, min, %</i>	85,0
<i>Moisture content, max, %</i>	3,0
<i>Loss on ignitin, max, %</i>	6,0

Tabel 2.9 Komposisi kimia dan fisika dari semen *portland* dan *silica fume* (Singh dan Singh, 2018)

Komposisi	PC (%)	SF (%)
<i>Komposisi kimia</i>		
SiO ₂	201,1	85 - 97
Al ₂ O ₃	6,80	-
Fe ₂ O ₃	4.30	-
CaO	61.3	< 1
MgO	2.6	-
<i>Property</i>		
<i>Physical form</i>	Powder	Powder
<i>Colour</i>	Grey	Light grey
<i>Bulk density (kg/m³)</i>	1100-1350	1350–1500
<i>Loss density</i>	1.2	4%
<i>Specific gravity</i>	3.15	2.2
<i>Class</i>	OPC	-

2.2.5 Superplasticizer (*Sikament LN*)

Superplasticizer dibutuhkan dalam pembuatan *self-compacting concrete* untuk mempercepat pengerasan beton dan mengurangi kebutuhan air. Penelitian ini menggunakan *sikament LN* zat pereduksi air untuk mempercepat pengerasan beton dan meningkatkan *workability* sesuai dengan ASTM, 2013.

2.2.6 Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan memberi tekanan beban aksial ke silinder sampai terjadi kegagalan. Cara perhitungan kuat tekan beton dapat dilihat pada Persamaan 2.1.

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \cdot \text{kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan:

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang (cm²)