

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Adapun beberapa penelitian yang berkaitan dengan beton *Self Compacting Concrete* dan *Silica Fume* adalah sebagai berikut :

1. Aplikasi Metode *Analysis Of Variance (ANOVA)* Untuk Mengkaji Pengaruh Penambahan *Silica Fume* Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Mortar (Fajrin dkk., 2016).
2. *Self Compacting Concrete Procedure for Mix Design* (Aggarwal dkk., 2008).
3. Pengaruh Kondisi Perawatan Pada Kekuatan dan Struktur Mikro Beton Memadat Sendiri Dengan Volume Abu Terbang Tinggi (Sondakh dkk., 2016).
4. Pemanfaatan Limbah Kaca dan Abu Sekam Padi Sebagai *Powder* Pada *Self Compacting Concrete* (Beton Memadat Sendiri) (Marhendi dan Yusup, 2016).
5. Sifat Mekanis dan Rembesan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Agregat Halus Pasir Laut dan Bahan Tambah *Silica Fume* (Olivia dkk., 2013).
6. Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer Pada Beton Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Dengan Variasi Penggunaan *Silica Fume* (Handayani dkk., 2014).
7. Pengaruh Penambahan *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan *Reactive Powder Concrete* (Simatupang dkk., 2017).
8. Pemanfaatan Mikrobakteri Terhadap Beton Mutu Tinggi Dengan Tambahan *Silica Fume* (Annas dkk., 2016).
9. Pengaruh Kadar Air dan *Superplasticizier* Pada Kekuatan dan Kelecekan Beton Geopolimer Memadat Sendiri Berbasis Abu Terbang (Gumalang dkk., 2016).

10. Perbandingan Sifat Mekanis Antara Beton Konvensional dan Beton Memadat Sendiri Dengan Penambahan Serat Kawat Bendrat (Merdana dan Mahmud, 2016).

2.1.1 Penelitian Terdahulu Mengenai Agregat Halus

Ervianto dkk. (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan *zat addictive (bestmittel)* 0,5% dan *fly ash* dengan variasi 5% ; 7,5% ; 10% terhadap kuat tekan beton mutu tinggi. Pengujian pada agregat halus (pasir) dengan meliputi sifat fisik dan mekaniknya, pengujian tersebut bertujuan agar mengetahui kelayakan agregat halus (pasir) yang akan digunakan dalam penelitian apakah telah memenuhi standar dari hasil pengujian yang didapatkan pasir tersebut termasuk dalam gradasi 2 dengan modulus halus 2,648%, berat jenis sebesar 2,59, berat satuan sebesar 1,31 gr/cm³, kadar air sebesar 4,575, penyerapan air sebesar 0,26%, dan kadar lumpur sebesar 4,532%.

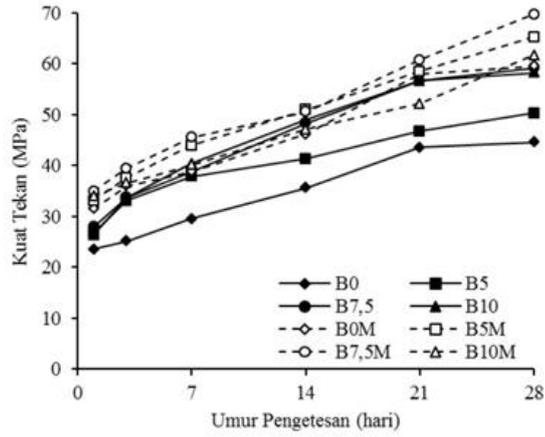
2.1.2 Penelitian Terdahulu Mengenai Agregat Kasar

Setyawan dkk. (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap *flowability* dan kuat tekan pada *self compacting concrete*. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng. Hasil pengujian agregat kasar Clereng tersebut didapatkan berat jenis sebesar 2,63%, penyerapan air sebesar 1,423%, berat satuan sebesar 1,55 gram/cm³, kadar lumpur sebesar 1,75%, kadar air sebesar 0,771%, dan nilai keausan agregat sebesar 21,36%.

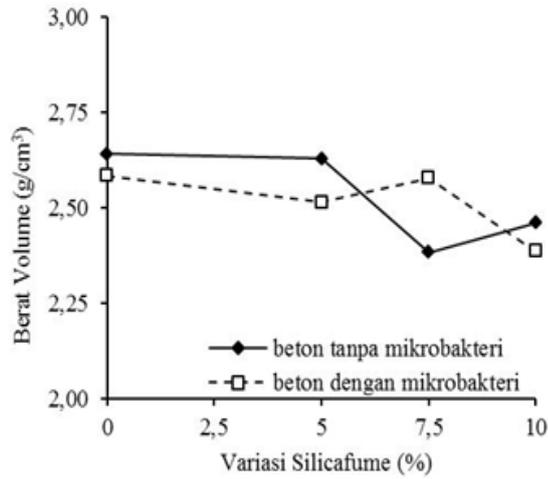
Ervianto dkk. (2016) melakukan penelitian tentang kuat tekan beton mutu tinggi menggunakan bahan tambah abu terbang (*fly ash*) dan zat adiktif (*Bestmittel*). Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng. Hasil pengujian didapatkan penyerapan air sebesar 1,438%, berat satuan sebesar 1,55 gr/cm³, keausan agregat sebesar 21,36%, berat jenis sebesar 2,63%, kadar air sebesar 0,549% dan kadar lumpur sebesar 1,750%.

2.1.3 Penelitian Terdahulu Mengenai *Silica Fume*

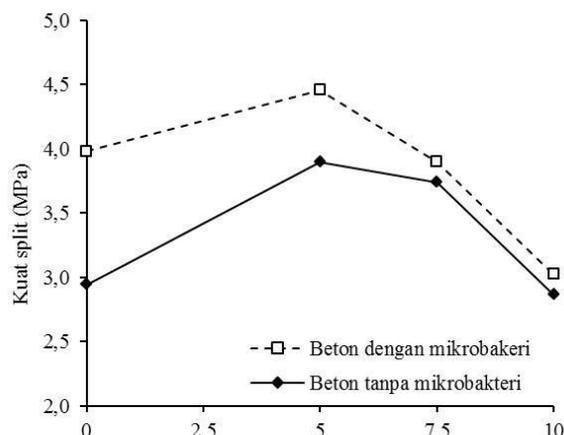
Annas dkk. (2016) melakukan penelitian tentang pemanfaatan mikrobakteri terhadap beton mutu tinggi dengan tambahan *silica fume*. Penelitian ini bertujuan untuk mencari tahu pengaruh dari *silica fume* dan *mikrobakteri* terhadap kuat tekan beton dengan kuat tekan rencana 70 MPa, peneliti menggunakan *silica fume* dengan kadar 0%, 5%, 7,5% dan 10%. Penggunaan faktor *water binder* sebesar 25% dari berat *binder*, pengujian yang dilakukan pada umur 1, 3, 7, 14,21, dan 28 adalah uji tekan pasta, mortar dan beton, selain itu benda uji beton pada umur 28 akan dilakukan uji *split* beton dan uji perositas.



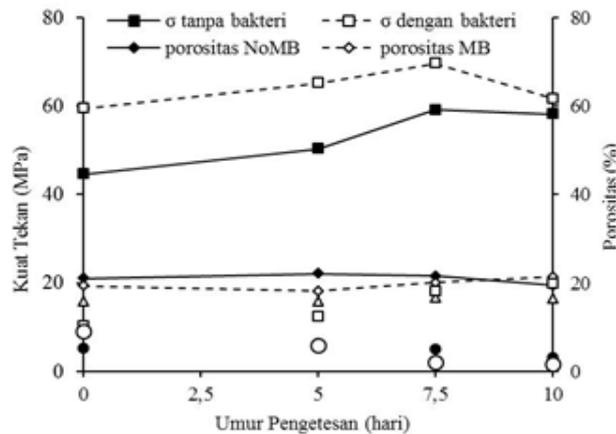
Gambar 2.1 Grafik hubungan berat volume pasta terhadap umur
(Annas dkk., 2016)



Gambar 2.2 Grafik hubungan kebutuhan SP dengan variasi *silica fume* (Annas dkk.,
2016)



Gambar 2.3 Grafik hubungan berat volume pasta terhadap umur pengetesan (Annas dkk., 2016)



Gambar 2.4 Grafik hubungan porositas beton dengan kuat tekan 28 hari (Annas dkk., 2016)

Pujianto, (2011) melakukan penelitian tentang beton mutu tinggi dengan *admixture superplasticizier* dan *aditif silica fume*. Penelitian ini meneliti beton mutu tinggi dengan melakukan eksperimen dengan kadar *superplasticizier* yang bervariasi sebesar 0% ; 0,5% ; 1% ; 1,5% ; 2% dan 2,5% dan kadar *silica fume* sebesar 0% ; 5% ; 10% dan 15% dari jumlah berat semen. Mikrosilika (*Silicafume*) merupakan aditif yang sangat baik untuk dapat digunakan dalam pembuatan beton mutu tinggi dan sangat tinggi, *silica fume* merupakan produk sampingan yang sebagai bahan abu pembakaran dari proses pembuatan *silicon metal* atau *silicon alloy* dalam tungku pembakaran listrik. *Silica fume* juga bersifat *pozzolan* (bahan yang mempunyai kandungan utama senyawa silika/silika dioksida dan alumina), bahan aditif ini mempunyai kadar kandungan senyawa *silica-dioksida* (Si O₂) yang sangat tinggi (> 90 %), dan berukuran butiran partikel yang sangat halus, yaitu berkisar 1/100 dengan berukuran rata-rata partikel semen. Dengan demikian penggunaan pada mikrosilika pada umumnya akan memberikan sumbangan yang sangat efektif pada kinerja beton, terutama untuk beton yang bermutu sangat tinggi. Hasil pengujian terhadap *silicafume* didapatkan Berat jenis sebesar 1,28 gr/cm³, dengan kadar air sebesar 1,47%. Butiran lolos menembus saringan no.100 (0,15 mm) adalah sebesar 82,5 %. Dapat dikatakan bahwa dari hasil pengujian bahan susun tersebut telah

memenuhi syarat untuk pembuatan beton. Dalam penelitian ini melakukan pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan benda uji yang berbentuk silinder berukuran (15 x 30) cm yang berjumlah 24 benda uji untuk pengujian awal dan 20 benda uji pengujian lanjutan. Diperoleh dengan hasil kuat tekan beton terhadap variasi 10% dengan kadar *superplasticizer* 2% dan sebesar 9,20 cm dengan hasil pengujian sebesar 65,062 MPa, dengan hasil kuat tekan dapat dilihat pada tabel 2.1.

Fajrin dkk. (2016) melakukan penelitian tentang aplikasi metode *analysis of variance* (ANOVA) untuk mengkaji pengaruh penambahan *silica fume* sifat fisik dan mekanik mortar. Penggunaan metode yang digunakan terhadap penelitian ini adalah metode eksperimen yang murni dimana akan melakukan percobaan laboratoriumnya didesain sebagai *single factor experiment*. Dapat disimpulkan dengan penambahan bahan *pozzolan silica fume* akan mampu memperbaiki pembuatan mortar lebih kedap air dengan ditandainya penurunan daya serap air siring bertambahnya proporsi *silica fume* pengganti sebagian semen, terjadi penurunan akan daya serap air sebesar 18,35% yang ditambahkan *silica fume* sebesar 3% dari berat semen. Terjadinya penurunan secara konstan sebesar 22,76%, 33,234% dan 35,202% dengan penambahan *silica fume* sebesar 5,7 dan 10%. Kuat tekan rata-rata terhadap mortar normal tanpa menggunakan campuran *silica fume* sebesar 39,9 MPa dan kuat tekan rata-rata mortar dengan menggunakan campuran *silica fume* secara berturut-turut sebesar 40,4 MPa, 42,3 MPa, 43,2 MPa dan 45,1 MPa, dengan hasil kuat tekan dapat dilihat pada tabel 2.2. Terjadi peningkatan terhadap kuat tekan berturut-turut sebesar 1,1%, 5,9%, 8,2%, dan 12,8 % untuk proporsi 3, 5, 7 dan 10%.

Tabel 2.1 Hasil uji kuat tekan beton umur 28 hari Dengan kadar *superplasticizer* 2% dan *silica fume* bervariasi (Pujianto, 2011)

Kadar <i>Superplastiziser</i> (%)	Diameter (cm)	Luas (cm ²)	Beban Maksimum (kN)	fc' (MPa)	fc' rata-rata (MPa)
0,0%	15,09	178,91	67220	37,57	
0,0%	14,99	176,55	68900	39,03	
0,0%	14,92	174,91	73790	42,19	39,94
0,0%	14,99	176,55	72350	40,98	
0,5%	15,01	177,02	91920	51,93	
0,5%	15,00	176,79	80350	45,45	
0,5%	14,98	176,31	85030	48,23	47,94
0,5%	14,97	176,08	81300	46,17	
1,0%	14,98	176,31	69590	39,47	
1,0%	14,98	176,31	89250	50,62	
1,0%	15,02	177,26	87340	49,27	47,29
1,0%	15,02	177,26	88250	49,79	
1,5%	15,00	176,79	91670	51,85	

1,5%	14,99	176,55	92080	52,16	
1,5%	14,98	176,31	79340	45,00	49,90
1,5%	15,06	178,20	90140	50,58	
2,0%	15,04	177,73	96900	54,52	
2,0%	15,02	177,26	94790	53,48	
2,0%	15,00	176,79	87230	49,34	52,30
2,0%	15,00	176,79	91670	51,85	
2,5%	15,03	177,49	90700	51,10	
2,5%	14,99	176,55	90500	51,26	
2,5%	14,98	176,31	89450	50,73	50,51
2,5%	14,98	176,31	86300	48,95	

Tabel 2.2 Komposisi campuran mortar yang digunakan dalam penelitian
(Fajrin dkk., 2016)

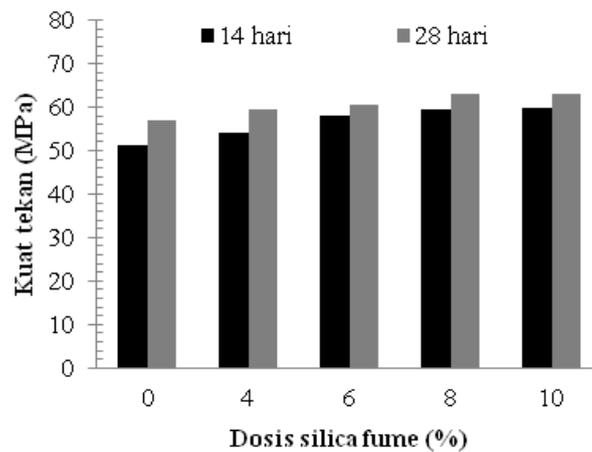
Mortar kontrol	Kandungan <i>Silica Fume</i> (prosentase terhadap proporsi semen)	Berat aktual semen (gr)	Berat aktual <i>Silica Fume</i> (gr)
Variabel 1	3	582	18
Variabel 2	5	570	30
Variabel 3	7	558	42
Variabel 4	10	540	60

Olivia dkk. (2013) meneliti tentang sifat mekanis dan rembesan beton mutu tinggi menggunakan agregat halus pasir laut dan bahan tambah *silica fume*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sifat-sifat mekanis seperti kuat tekan beton, kuat tarik belah beton dan *modulus elastisitas* terhadap beton mutu tinggi dengan menggunakan agregat pasir laut, direncanakan kuat tekan rencana 55 MPa. Menambahkan *silica fume* ke dalam campuran sebanyak 0%, 4%, 6%, 8% dan 10% agar untuk meningkatkan *workability* campuran dengan menggunakan *superplasticizer* sebanyak 1,5% dari berat campuran. Pasir laut pada penelitian ini berasal dari Tanjung Balai Karimun, Kepulauan Riau. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa agregat pasir laut dapat digunakan untuk pembuatan beton mutu tinggi dengan kekuatan rencana 55 MPa. Penambahan *silica fume* sebanyak 4-10% dalam campuran akan meningkatkan kuat tekan, kuat tarik dan *modulus elastisitas* beton yang dihasilkan mengurangi rembesan air ke dalam beton sebesar 9,67 mm.

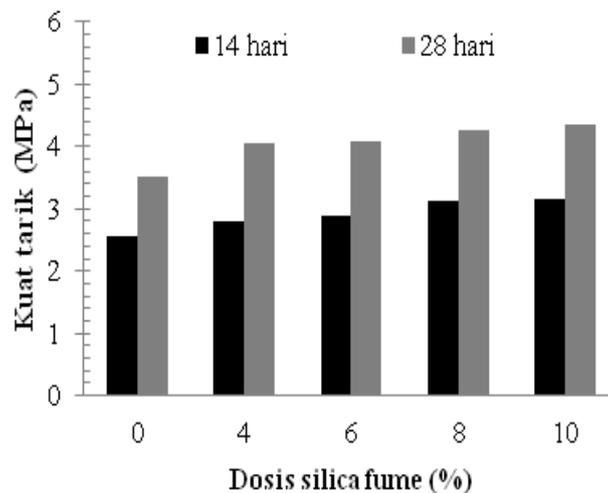
Tabel 2.3 komposisi bahan penyusun beton mutu tinggi per m³ (Olivia dkk., 2013)

Bahan penyusun (kg)	0%	4%	6%	8%	10%
Semen	560	537,6	526,4	515,2	504
Agregat kasar	892,5	892,5	892,5	892,5	892,5
Agregat halus	648,1	648,1	648,1	648,1	648,1
Air	156,8	156,8	156,8	156,8	156,8
Silica fume	0	22,4	33,6	44,8	56

Superplasticizer	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
Faktor air semen	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28



Gambar 2.5 Pengaruh variasi dosis silica fume terhadap kuat tekan
(Olivia dkk., 2013)



Gambar 2.6 Pengaruh variasi dosis silica fume terhadap kuat tarik
(Olivia dkk., 2013)

Handayani dkk. (2014) melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah serbuk marmer pada beton sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan variasi penggunaan *silica fume*. Tujuan penelitian ini adalah supaya dapat mengetahui pengaruh dalam penggunaan serbuk marmer dan *silica fume* terhadap sifat dari mekanik beton. Pada penelitian ini menggunakan cara desain eksperimen dengan 16 kelompok benda uji pada variasi serbuk marmer dan *silca fume* 0,00 ; 5,00 ; 10,00 dan 15,00 %. Penelitian ini menggunakan faktor air semen 0,50 dan *superplasticizer* dengan dosis rendah 0,50%.

Tabel 2.4 Spesifikasi *Silica Fume* (Handayani dkk., 2014)

Sifat-sifat	ASTM 1240 - 50	Spesifikasi
Warna	-	Abu-abu
Silikon Dioksida (SiO ₂), (%)	≥ 85	95
<i>Bulk density</i> (kg/m ³)	-	2100 2300

Tabel 2.5 Spesifikasi *Superplasticizer* (Handayan dkk., 2014)

Sifat-sifat	Spesifikasi
Warna	Coklat tua
<i>Specific Gravity</i>	1,18 – 1,20

Tabel 2.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan (f'c) (Handayani dkk., 2014)

Kode Benda Uji	Fas	SP (%)	MP (%)	SF (%)	f'c rerata (MPa)
I A	0,50	-	-	-	22,36
I B	0,50	0,50	-	5,00	26,21
I C	0,50	0,50	-	10,00	28,40
I D	0,50	0,50	-	15,00	25,63
II A	0,50	0,50	5,00	-	25,31
II B	0,50	0,50	5,00	5,00	26,38
II C	0,50	0,50	5,00	10,00	29,84
II D	0,50	0,50	5,00	15,00	19,12
III A	0,50	0,50	10,00	-	23,25
III B	0,50	0,50	10,00	5,00	27,27
III C	0,50	0,50	10,00	10,00	25,84
III D	0,50	0,50	10,00	15,00	22,72
IV A	0,50	0,50	15,00	-	21,76
IV B	0,50	0,50	15,00	5,00	26,95
IV C	0,50	0,50	15,00	10,00	19,82
IV D	0,50	0,50	15,00	15,00	17,55

Simatupang dkk. (2017) melakukan penelitian tentang pengaruh *silica fume* terhadap kuat tekan *reactive powder concrete*. *Reactive powder concrete* adalah campuran yang tidak menggunakan agregat kasar. Penelitian ini menggunakan komposisi *silica fume* sebesar 0%, 9%, 18%, 27%, 36% dan 45% dari berat semen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan terhadap *reactive powder concrete* akibat penggunaan penambahan komposisi *silica fume* dan untuk mengetahui hasil presentase optimal dari *silica fume* pada kuat tekan beton. Benda uji yang digunakan dalam penelitian berbentuk silinder berukuran 5 cm x

10 cm. Setiap dari variasi terdapat 5 benda uji, sehingga total pengujian kuat tekan beton adalah 30 benda uji dengan umur rencana 14 hari. Hasil dari percobaan I kuat tekan dengan rata-rata semua variasi yang dihasilkan kurang dari 40 MPa, maka akan dilakukan percobaan II yaitu dengan menambahkan volume dari *superplasticiter* sebanyak 2 kali data awal. Terdapat 2 benda uji pada setiap variasi dengan total keseluruhan sebesar 12 benda uji. Hasil dari percobaan II kuat tekan rata-rata untuk variasi 0% sebesar 42,02 MPa, variasi 9% sebesar 3,29 MPa, variasi 18% sebesar 45,83 MPa, variasi 27% sebesar 48,38 MPa, variasi 36% sebesar 43,29 MPa dan variasi 45% sebesar 42,02 MPa. Presentase optimal dari *silica fume* adalah 26,28%.

Tabel 2.7 Hasil pengujian kuat tekan rerata *reactive powder concrete* percobaan I
(Simatupang dkk., 2017)

Variasi	Kuat tekan rata-rata (MPa)
0%	29,54
9%	30,81
18%	31,06
27%	30,55
36%	32,84
45%	25,45

Tabel 2.8 Hasil pengujian kuat tekan rerata *reactive powder concrete* percobaan II
(Simatupang dkk., 2017)

Variasi	Kuat tekan rata-rata (MPa)
0%	42,02
9%	43,28
18%	45,83
27%	48,38
36%	43,29
45%	42,02

2.1.4 Penelitian Terdahulu Mengenai Zat *Additive Superplasticizier*

Gumalang dkk. (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh kadar air dan *superplasticizier* pada kekuatan dan kelecakan beton *geopolymer* memadat sendiri berbasis abu terbang. Tujuan dari penelitian untuk mengetahui antara hubungan penambahan air (Rasio *Extra Water/Fly Ash*) dengan kelecakan *Fly Ash based Self Compacting Geopolymer Concrete*, hubungan antara penggunaan penambahan air (Ratio *Extra Wate/Fly Ash*) terhadap kuat tekan *Fly ash based –Self Compacting Geopolymer Concrete* dan hubungan antara persentase dengan kadar *superplasticizier* terhadap kuat tekan *Fly ash based –Self Compacting Geopolymer*

Concrete. Pada penelitian ini menggunakan abu terbang (kelas F) pada kondisi kering, konsentrasi sodium hidroksida 14M, Rasio *Alkaline/Fly Ash* sebesar 0,8 dengan variasi dosis *Viscrote-10* yaitu bervariasi 0%, 1%, 2% dan 3% dan variasi rasio *Extra Water/Fly Ash* yaitu sebesar 0, 0.2, 0.25, 0.3 dan 0.32, proses *curing* didalam oven selama 48 jam dengan suhu 70°C.

Tabel 2.9 Kuat tekan beton dengan variasi rasio *extra water fly ash*
(Gumalang dkk., 2016)

<i>Extra Water</i> No. Benda Uji	0	0,2	0,25	0,3	0,32
	Kuat Tekan (MPa)				
1	31,63	32,41	19,12	16,10	14,60
2	30,52	22,33	20,57	16,90	13,59
3	27,86	23,23	21,29	16,20	14,67
4	32,17	23,30	20,95	15,90	14,61
Kuat tekan rata – rata	30,55	23,07	20,48	16,28	14,37

Tabel 2.10 Kuat tekan beton dengan variasi dosis *superplasticizier*
(Gumalang dkk., 2016)

Dosis SP No. Benda Uji	0%	1%	2%	3%
	Kuat Tekan (MPa)			
1	12,33	12,50	14,51	16,10
2	12,98	12,90	13,92	16,90
3	11,96	12,60	15,89	16,20
4	12,96	11,90	14,93	15,90
Kuat tekan rata – rata	12,96	12,48	14,81	16,28

2.1.4 Penelitian terdahulu Mengenai *self-compacting concrete* (SCC)

Maskur dkk. (2017) melakukan penelitian tentang perancangan campuran *flow* mortar untuk pembuatan *self-compacting concrete* dengan fas 0,5. Penelitian ini menggunakan perencanaan *mix design SCC* dilakukan dengan *trial* pada variasi mortar dan variasi rasio volume mortar terhadap volume rongga agregat kasar. Tahap pertama yang direncanakan menggunakan campuran dengan *trial* terhadap dosis *superplasticizier* dan tahap kedua melakukan *trial* terhadap rasio volume *absolut* mortar pada volume rongga agregat kasar, hasil dari penelitian didapatkan hasil beton *SCC* dengan fas 0,5 terhadap umur 28 hari yang dilakukan untuk rasio *absolut* mortar pada volume rongga agregat kasar sebesar 1,6 dan 1,8 diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 40,43 MPa dan 3,16 MPa. Hasil kuat tekan dapat dilihat pada tabel 2.11.

Tabel 2.11 Hasil pengujian kuat tekan mortar (Maskur dkk., 2017)

Kadar <i>Superplasticizier</i> (%)	Kuat Tekan Mortar (MPa)
------------------------------------	-------------------------

	1 hari	7 hari	28 hari
0,1	14,48	36,23	47,61
0,2	20,67	42,01	48,08
0,3	221,11	37,20	55,34

Setyawan dkk. (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi penambahan abu ampas tebu terhadap *flowability* dan kuat tekan *self compacting concrete*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh terhadap penambahn abu ampas tebu sebagai pengganti sebagian dari semen pada beton *Self Compacting Concrete*. Penambahan AAT dari pengujian beton segar terhadap setiap variasi sebesar 3%, 5% dan 15% yang telah memenuhi standar dari ketentuan *EFRNAC*, pada pengujian *J-Ring* (*slump flow* dan T50 cm) dengan campuran beton *SCC* pada penambahan AAT 5% memiliki sifat *passing ability* baik yaitu sebesar 2,38 detik untuk dapat mengalir dan mencapai diameter ukuran 50 cm dengan waktu yang pendek dibandingkan pada campuran beton *SCC* dengan penggantian kadar abu ampas tebu 10%-15%. Pada pengujian *V-Funnel* diperoleh hasil campuran beton *SCC* paling optimun adalah 7.15 detik dengan kadar AAT 5%. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada campuran beton *SCC* dengan AAT mempunyai *filling ability* yang sangat baik. Sedangkan untuk pengujian pada alat *L-Box* terjadi peningkatan dari persentase AAT dalam *SCC*. Kuat tekan maksimal pada umur 28 hari didapatkan komposisi campuran terhadap variasi abu ampas tebu pada persentase sebesar 5% dari berat semen sbesar 21,05 MPa, sedangkan untuk variasi 10% dan 15% mengalami penurunan beton berturut-turut sebesar 20,50 MPa dan 16,10 MPa. Penambahan penggunaan abu ampas tebu pada kadar variasi sebesar 5% ke 10% mengalami penurunan kuat tekan beton sebesar 6,96% dan terjadi penurunan pada kadar variasi 10% ke 15% sebesar 25,1%. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kuat tekan beton disebabkan adanya pengurangan penggunaan dari berat semen.

Tabel 2.12 Hasil pengujian *fresh properties* berdasarkan variasi penambahan AAT dan *Viscocrete 1003* (Setyawan dkk., 2016)

No	Jenis Pengujian	Satuan	Spesifikasi EFNARC, 2002	Pengujian SCC			
				Normal	Mix 1	Mix 2	Mix 3
1	<i>Slump flow</i>	Mm	650-800 (± 10)	68,2	67,7	69,7	70,9
2	T50 cm	Detik	2-5 sec	2,67	2,38	2,64	2,59
3	<i>V-Funnel</i>	Detik	6-12	7,3	7,15	7,83	9,05
4	<i>L-Box</i>	H2/H1	$\geq 0,8$	0,95	1,4	1,65	1,87

Tabel 2.13 Hasil uji kuat tekan beton variasi AAT 10 % umur 28 hari (Setyawan dkk., 2016)

No	Kode Benda Uji	Kadar AAT (%)	Kadar Viscocrete (%)	Diameter (cm)	Luas Permukaan (cm ³)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
2	BNAT-1	10	1,4	15	176,71	21,27	20,10
	BNAT-2			15	176,71	21,30	
	BNAT-3			14,9	174,37	19,33	
	BNAT-4			15	174,37	19,66	
	BNAT-5			15	176,71	19,16	
	BNAT-6			14,9	176,71	19,86	

Tabel 2.14 Hasil uji kuat tekan beton variasi ASP 15% umur 28 hari
(Setyawan dkk., 2016)

No	Kode Benda Uji	Kadar AAT (%)	Kadar Viscocrete (%)	Diameter (cm)	Luas Permukaan (cm ³)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
3	BNAT-1	15	1,6	15,2	176,71	15,90	16,06
	BNAT-2			15	176,71	15,70	
	BNAT-3			15,1	176,71	16,37	
	BNAT-4			15	176,71	16,33	
	BNAT-5			15	176,71	16,38	
	BNAT-6			15	176,71	15,66	

Merdana dan Mahmud, (2016) melakukan penelitian tentang perbandingan sifat mekanis antara beton konvensional dan beton memadat sendiri dengan serat kawat benrat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku dari sifat mekanis beton konvensional, *SCC* dan serat yang memadat sendiri (*Self Compacting Fibrous Concrete, SCFC*). Bahan serat yang akan digunakan adalah kawat ikat benrat dengan aspek rasio (l/d) 71, sedangkan untuk sifat mengalir pada *SCC* dan *SCFC* menggunakan *superplasticizer SikaViscocrete 10* dan untuk *mix design* beton konvensional menggunakan fas 0,44. Benda uji beton direncanakan kuat tekan rencana f_c 25 MPa pada umur 28 hari, pengujian kuat tekan dan kuat tarik menggunakan silinder 150 x 300 mm dan balok 150 x 150 x 600 mm untuk uji kuat lentur dengan pengujian dilakukan pada umur 7, 14, 28 dan 90 hari. Untuk pengukuran pada regangan beton ϵ , ununtuk menentukan *modulus elastisitas* E_c dan *posision ratio* μ baik untuk beton *SCC*, *SCFC* dan beton konvensional, dikarenakan mengingat jenis *strain gauge* yang tersedia adalah *strain gauge* jenis standar maka digunakan kubus beton 200 x 200 mm.

Tabel 2.15 Nilai E_c dan μ (Merdana dan Mahmud, 2016)

Jenis Beton	Eceksp.(MPa)	E_c (SNI)(MPa)	μ eksp
BK	33,168	31,760	0,30

SCC	33,170	31,812	0,33
FSCC	24,560	32,167	0,47

Bachtiar dkk. (2015) melakukan penelitian tentang *compressive strength slump flow of self compacting concrete uses frsh water and sea water*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh air laut sebagai campuran air terhadap kemampuan beton kondisi segar SCC dengan uji aliran kemiringan dan T50 sebagai peningkatan kekuatan tekan beton SCC dengan menggunakan air laut dan tawar sebagai pembanding, pengujian dilakukan pada umur 1, 3, 7, 28 dan 90 hari. Hasil penelitian menunjukkan kemerodsotan aliran beton SCC menggunakan air laut lebih kecil dibandingkan beton SCC menggunakan air tawar, SCC menggunakan air laut memiliki memiliki kemampuan kerja yang baik segregasi dan agregat seimbang. Peningkatan kekutan tekan pada beton SCC menggunakan air laut memiliki perbedaan dengan beton SCC air tawar pada umur 1, 3, 7, 28 dan 90 hari sebesar 11%, 9%, 3%, 0% dan 0%. Peningkatan kekuatan tekan beton SCC menggunakan air tawar terhadap umur 1, 3, 7, 28 dan 90 hari sebesar 18%,50,5%, 69,6% 100% dan 104,2% pada beton SCC dengan kuat tekan umur 28 hari sebesar 50,58 MPa. Peningkatan kuat tekan beton SCC menggunakan air laut pada umur 1, 3, 7, 28 dan 90 hari sebesar 28,8%. 20,2%, 73,2%, 100% dan 103,5% terhadap betion SCC dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 51,92 MPa. Maka peningkatan kuat tekan beton SCC menggunakan air laut meningkat lebih pesat pada umur 1 hari dan 3 hari. Dapat disimpulkan bahwa *slump* pada kondisi beton segar SCC menggunakan air tawar lebih tinggi dari aliran kemiringan SCC menggunakan air lau tsebesar 6,09% dan sebaliknya nilai pada T50 dari beton menggunakan air laut lebih tinggi dari beton menggunakan air tawar sebesar 26,66%, tetapi untuk kemerosotan mengalir tehadapt beton kondisi segar SCC menggunakan air laut telah memenuhi standar sebagai beton SCC.

Sondakh dkk. (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh kondisi perawatan pada kekuatan dan struktur mikro beton memadat sendiri dengan volume abu terbang tinggi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai kuat tekan *high volume fly-ash* pada beton *self compacting concrete* dengan reantang umur rata-rata 28 hari yang dapat dicapai komposisi abu terbang dengan komposisi 50%, 60% dan 70% dan meneliti pengaruh terhadap perawatan (*curing*) yaitu *elevated temperature* dalam Oven selama 24 jam dengan suhu 90°C dan 60°C. Jadi, dapat disimpulkan kuat tekan rata-rata maksimum terhadap penggantian partial semen dengan abu terbang sebesar 50% dari total volume *powder* tanpa perawatan (*curing*) 17,30 MPa. Rata-rata maksimum pada abu terbang 60% dari total volume *powder* pada perawatan (*curing*) perendaman sebesar 13,66 MPa, dan pada abu terbang 70% dari total volume *powder* pada

perawatan (*curing*) perendaman sebesar 8,86 MPa dan tanpa ada perawatan (*curing*) 7,91 MPa.

Bachtiar dkk. (2014) melakukan penelitian tentang *microstructure characteristics of self compacting concrete using water*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hubungan antara kuat tekan dan karakteristik mikrostruktur beton *self compacting concrete* dengan menggunakan air laut terhadap umur 90 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 1, 3, 7, 28 dan 90 hari, menggunakan peralatan difraksi sinar-X (XRD) yang digunakan untuk menganalisis terhadap struktru mikro beton umur 1, 3, 7, 28 dan 90 hari. Penelitian ini menggunakan 2 variasi campuran yaitu 1) beton *self compacting concrete* menggunakan air tawar sebagai pencampur air dan air rendaman yang di beri nama SCC-FF, 2) beton *self compacting concrete* menggunakan air laut sebagai pencampur air dan air rendaman yang di beri nama SCC-SS. Hasil dari uji kuat tekan yang dilakukan pada umur 1, 3, 7, 28 dan 90 hari, pengujian ini dilakukakan untuk mengetahui dari kuat tekan pengembangan beton sampai umur 90 hari. Hasil kuat tekan dapat dilihat pada tabel 2.16.

Marhendi dan Yusup, (2016) meneliti tentang pemanfaatan limbah kaca dan abu sekam padi sebagai *powder* pada *self compacting concrete* (beton memadat sendiri). Tujuan dari penilitian ini untuk memanfaatkan kdua dari limbah menjadi bahan pengganti dari semen untuk beton *self compacting concrete*. Penggunaan terhadap limba kaca dan abu sekam sebanyak 10%, menggunakan faktor air semen sebanyak 0,375 dan *master glenium* sebanyak 1,5% jumlah semen. Dapat disimpulkan dari proses pengujian *slump flow* didapatkan nilai uji *slump flow* dengan berdiameter 770 mm dengan kuat tekan beton awal rata-rata 15,02 MPa pada umur 1 hari. Hasil kuat tekan dapat dilihat pada tabel 2.17.

Tabel 2.16 Hasil kekuatan tekan SCC-FF dan SCC-SS

(Bachtiar dkk., 2014)

Umur (hari)	SCC air tawar (SCC-FF) Kekuatan kompresif, f_c (MPa)	SCC air laut (SCC-SS) Kekuatan kompresif, f_c (MPa)
1	9,11	14,97
3	25,55	31,27
7	35,22	38,02
28	50,58	51,92
90	52,69	53,74

Tabel 2.17 Hasil pengujian dari kuat tekan beton (Marhendi dan Yusup, 2016)

No sample	Berat (kg)	Bacaan jarum (kN)	Kuat tekan umur 1 hari (MPa)	Konversi 28 hari (MPa)
-----------	------------	-------------------	------------------------------	------------------------

1	12,07	265	15,04	44,26
2	12,12	275	15,58	45,82
3	12,02	255	14,45	42,5
	Rata-rata		15,02	44,2

Aggarwal dkk. (2008) meneliti mengenai *self compacting concrete – procedure for mix design*. Beton yang bisa memadat sendiri adalah campuran yang sesuai tempat pada struktur tulangan padat tanpa getaran. Dalam mengembangkan beton memadat sendiri harus memastikan keseimbangan antara deformabilitas dan stabilitas. Dan, *compacibilitas* dipengaruhi oleh karakteristik pada material dan proporsi campuran menjadi perlu untuk mengembangkan sebuah prosedur dalam pembuatan desain campuran SCC. Tujuan penelitian ini untuk menyajikan eksperimental dalam pembuatan desain campuran beton *self compacting concrete*. Hasil dari pengujian untuk karakteristik beton dengan memadat sendiri seperti arus kemerosotan *J-Ring*, *V-funnel* dan *L-Box* yang disajikan. Selanjutnya kuat tekan pada umur 7, 28 dan 90 hari juga ditentukan dan hasilnya disertakan disini. Dengan menggunakan metode desain pada campuran jepang, desain campuran awal yang dilakukan terhadap kandungan agregat kasar 50% dengan volume beton dan kadar agregat halus sebesar 40% dengan volume pada moratar beton, rasio air dijaga pada 0,90. Campuran dalam percobaan ini dirancang dengan kandung *superplasticizier* yang masing-masing 0%, 0,76% dan 3,80% untuk campuran TR1, TR2, TR3 dapat dilihat pada tabel 2.18 dan 2.19. Rasio serbuk air bervariasi dari 1,06 sampai 1,19 dalam percobaan TR4 sampai TR6.

Tabel 2.18 *Mix design* (Aggarwal dkk., 2008)

Sr. No	Mix	Cement (kg/m ³)	Fly Ash (kg/m ³)	F.A (kg/m ³)	C.A (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	S.P. (%)	W/P ratio
1.	TR1	499	141	743	759	198	-	0,90
2.	TR2	499	141	743	759	198	0,76	0,90
3.	TR3	499	141	743	759	198	3,80	0,90
4.	TR4	520	146	775	684	243	1,14	1,06
5.	TR5	520	146	775	684	242	1,14	1,09
6.	TR6	520	146	775	684	273	1,14	1,19
7.	TR7	520	146	775	684	249	1,14	1,08
8.	TR8	520	146	775	684	270	1,14	1,17
9.	TR9	520	146	775	684	252	1,14	1,09
10.	SCC1	485	135	977	561	257	1,14	1,21
11.	SCC2	485	135	977	561	256	1,14	1,20
12.	SCC3	485	135	977	561	254	1,14	1,19
13.	SCC4	485	135	977	561	253	1,14	1,18
14.	SCC5	485	135	977	561	252	1,14	1,18

Tabel 2.19 *Workability and compressive strength results* (Aggarwal dkk., 2008)

Sr. No	Mix	Slump flow (mm)	T50 cm (sec)	V-funnel T _f (sec)	V-funnel T _{5min} (sec)	L-box			
						Blocki ng ratio (H2/H1)	7 days (MPa)	28 days (MPa)	90 days (MPa)
1	TR1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	TR2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	TR3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	TR4	-	-	-	-	-	10,03	22,24	-
5	TR5	590	15,0	46	-	-	12,64	22,67	-
6	TR6	-	-	-	-	-	12,60	22,00	29,65
7	TR7	-	11,0	-	-	-	20,06	37,93	71,56
8	TR8	400	-	-	-	-	21,36	34,45	69,76
9	TR9	670	5,0	39	70,0	0,10	18,31	22,67	68,48
10	SCC1	696,7	3,0	12	15,0	0,30	17,00	25,36	50,14
11	SCC2	676,7	3,5	11	12,5	0,90	17,00	26,90	52,32
12	SCC3	713,33	2,0	10	11,0	0,95	16,13	27,57	55,39
13	SCC4	660	4,5	8,0	9,0	0,90	16,15	31,54	66,27
14	SCC5	670	5,0	8,0	9,0	0,67	12,21	29,21	49,27

2.16 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Terdapat beberapa perbedaan dengan penelitian terdahulu dengan yang sekarang mengenai bahan tambah, penambahan variasi campuran dan penelitian mengenai beton *Self Compacting Concrete (SCC)* dapat dilihat pada tabel 2.20.

Tabel 2.20 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan yang sekarang

No	Penelitian	Perbedaan komposisi yang dipakai pada Penelitian	
		Terdahulu	Sekarang
1	Setyawan dkk. (2016)	Penggunaan abu ampas tebu sebagai pengganti sebagian semen 3 variasi sebesar 5 %, 10%, dan 15% terhadap <i>flowability</i> dan kuat tekan beton <i>self compacting concrete</i> .	Meneliti penggunaan penambahan <i>silica fume</i> 10% dan variasi <i>superplasticizier</i> 0,6%, 1%, 1,6% terhadap kuat tekan beton <i>self compacting concrete</i> .
2	Marhendi dan Yusup, (2016)	Meneliti penggunaan limbah kaca serta abu sekam dengan mengurangi penggunaan semen sebesar 10% dan <i>master glenium</i> sebesar 1,5%.	Penggunaan bahan tambah <i>silica fume</i> sebesar 10% dan variasi <i>superplasticizier</i> sebesar 0,6%, 1% dan 1,6%.

3	Simatupang dkk. (2017)	Meneliti penggunaan komposisi <i>silica fume</i> sebesar 0%, 9%, 18%, 27%, 36% dan 45% terhadap kuat tekan <i>reactive powder concrete</i> terhadap kuat tekan beton.	Meneliti pengaruh penggunaan kadar <i>silica fume</i> sebesar 0,6%, 1% dan 1,6% dan bahan tambah <i>superplasticizier</i> terhadap kuat tekan beton <i>SCC</i> .
4	Annas dkk. (2016)	Meneliti penggunaan <i>silica fume</i> dan <i>mikrobakteri</i> terhadap kuat tekan beton, menggunakan <i>silica fume</i> sebesar 0%, 5%, 7,5% dan 10%. Penggunaan factor <i>water binder</i> sebesar 25% dari berat binder.	Meneliti pengaruh penggunaan <i>silica fume</i> 10% dan variasi <i>superplasticizier</i> 0,6%, 1% dan 1,6% terhadap kuat tekan beton <i>self compacting concrete</i> .

Tabel 2.20 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan yang sekarang

No	Penelitian	Perbedaan komposisi yang dipakai pada Penelitian	
		Terdahulu	Sekarang
5.	Handayani dkk. (2014)	Meneliti Prnggunaan serbuk marmer dan <i>silica fume</i> terdahap sifat mekanik beton. Menggunakan desain eksperimen dengan 16 benda uji dengan variasi serbuk marmer dan <i>silica fume</i> sebesar 0,00; 5,00; dan 15,00%. Fas yang digunakan 0,5 dan kadar <i>superplasticizier</i> sebesar 0,50%	Meneliti pengaruh kuat tekan dan umur terhadap beton <i>self compacting concret</i> dengan penambahan <i>silica fume</i> 10% dan variasi <i>superplasticizier</i> 0,6%, 1% dan 1,6%. Fas yang digunakan 0,45.
6.	Fajrin dkk. (2016)	Meneliti dengan metode <i>analysis of variance</i> (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh penambahan <i>silica fume</i> 3% terhadap sifat fisik dan mortar.	Meneliti pengaruh penggunaan penambahan <i>silica fume</i> 10% dan variasi <i>superplasticizier</i> 0,6%, 1% dan 1,6% terhadap kuat tekan beton <i>self compacting concrete</i> .
7	Sondakh dkk. (2016)	Meneliti pengaruh kondisi perawatan pada kekuatan dan struktur mikro beton memadat sendiri dengan volume abu terbang tinggi	Meneliti pengaruh penggunaan penambahan <i>silica fume</i> 10% dan variasi <i>superplasticizier</i> 0,6%, 1% dan 1,6% terhadap kuat tekan

		dengan komposisi 50%, 60% dan 70%.	beton <i>self compacting concrete</i> .
8	Olivia dkk. (2013)	Meneliti sifat mekanis dan rembasan beton mutu tinggi menggunakan agregat halus pasir laut dan bahan tambah <i>silica fume</i> sebesar 0%, 4%, 6%, 8% dan 10%.	Meneliti pengaruh penggunaan penambahan <i>silica fume</i> 10% dan variasi <i>superplasticizier</i> 0,6%, 1% dan 1,6% terhadap kuat tekan beton dan umur beton <i>self compacting concrete</i> .
9	Gumalang dkk. (2016)	Meneliti pengaruh kadar air dan <i>superplasticizier</i> 0%, 1%, 2% dan 3% pada kekuatan dan kelecekan beton <i>geopolymer</i> memadat sendiri berbasis abu terbang.	Meneliti pengaruh kuat tekan dan beton <i>self compacting concrete</i> dengan menggunakan penambahan <i>silica fume</i> 10% dan variasi <i>superplasticizier</i> .

Tabel 2.20 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan yang sekarang

No	Penelitian	Perbedaan komposisi yang dipakai pada Penelitian	
		Terdahulu	Sekarang
10	Merdana dan Mahmud, (2016)	Meneliti perbandingan sifat mekanis Antara beton konvensional dan beton memadat sendiri dengan serat kawat bendrat.	Meneliti pengaruh kuat tekan dan beton <i>self compacting concrete</i> dengan menggunakan penambahan <i>silica fume</i> 10% dan variasi <i>superplasticizier</i> .

2.1.7 Keaslian Penelitian

Penelitian yang telah dilakukan dengan judul analisis kuat tekan beton *self compacting concrete* dengan penambahan *silica fume* dan variasi *superplasticizier* adalah asli dan dengan sepengetahuan peneliti belum pernah dilakukan oleh peneliti – peneliti sebelumnya. Penelitian ini untuk mengetahui perbandingan kuat tekan dengan variasi *superplasticizier* 0,6%, 1%, 1,6% dan bahan tambah *silica fume* 10%.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Beton

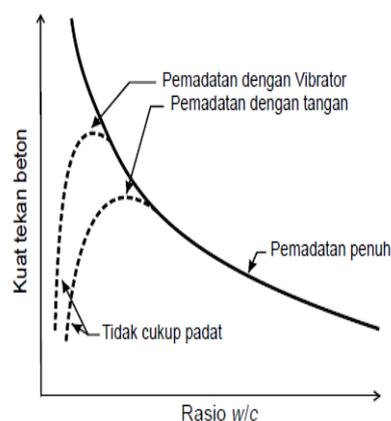
Menurut BSN (2013), beton adalah campuran semen *portland* atau semen *hidrolis* lainnya, agregat kasar, agregat halus dan air. Dengan bahan tambahan berupa (*admixture*), yang

setelah itu akan dicampurkan dengan secara merata (warna seragam) agar menghasilkan suatu campuran yang plastis (antara cair dan padat) sehingga dapat dituangkan ke cetakan, agar dapat membentuknya menjadi bentuk yang telah diinginkan setelah yang keras atau padat (Tjokrodinuljo, 2010).

Beton normal adalah beton yang memiliki berat isinya (2200 – 2500) kg/m³ menggunakan agregat alam yang telah dipecahkan. Bahan-bahan sebagai pengisi beton yaitu : agregat halus, semen, agregat kasar dan air. Sebelum melakukan pencampuran terhadap beton bahan-bahan pengisi beton harus di lakukan pengujian terlebih dahulu sehingga dapat memenuhi spesifikasi agar untuk menjadi beton yang baik atau mutu yang baik. Pengujian yang dilakukan pada bahan-bahan tersebut adalah pengujian pada berat jenis bahan dan penyerapan air pada agregat halus dan kasar. Dalam suatu pembuatan beton ada yang dinamakan pengujian uji slump yaitu salah satu ukurn kekentalan dalam adukan beton yang dinyatakan dalam mm ditentukan dengan menggunakan alat kerucut abrams (BSN, 1990c) tentang pengujian slump beton semen *portland*.

2.2.2 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas, w/c) adalah angka yang menunjukkan bahwa perbandingan antara berat air dan berat semen. Pengertian dari w/c adalah sebagai *water to cementitious ratio* ialah rasio dari berat air terhadap berat total semen dan aditif *cementitious* pada umumnya dengan menambahkan campuran pada beton mutu tinggi. Fas yang rendah merupakan faktor yang menentukan dalam menghasilkan beton mutu tinggi, tujuannya untuk dapat mengurangi seminimal mungkin prositas pada beton yang dihasilkan. Apabila semakin besar penggunaan faktor air semen maka kuat tekan betonnya semakin rendah, seperti pada gambar 2.7 (Pujianto, 2011).



Gambar 2.7 Hubungan antara kuat tekan dan fas (w/c) (Pujianto, 2011).

Dari gambar 2.7 bahwa pada idealanya semakin rendah faktor air semen maka kekuatan beton akan semakin tinggi, tetapi dikarenakan kesulitan pemadatan maka penggunaan *fas* yang rendah akan membuat kekuatan beton menjadi rendah dikarenakan beton yang kurang padat akibat dari kesulitan pemadatan untuk mengatasi pemadatan dapat menggunakan alat getar seperti (*vibrator*) atau dengan menambahkan bahan kimia (*chemical admixture*) yang memiliki sifat menambah kemudahan dalam suatu pengerjaan.

2.2.3 Bahan Penyusun Beton

2.2.3.1 Semen

Semen *Portland pozzolan* adalah campuran semen *Portland* dengan *pozzolan* antara 15%-40% dari berat total campuran dan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam *pozzolan* minimum yaitu 70% (BSN, 2000). Menurut ASTM (1985) semen *portland* didefinisikan sebagai semen *hidraulik* yang dapat dihasilkan dengan cara menggiling kliner yang terdiri dari kalsium hidrolik, yang pada umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium silikat sebagai bahan tambahan dengan digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

(BSN, 1989) semen *portland* dibagi menjadi 5 jenis, yaitu adalah :

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

Tabel 2.21 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
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5 – 1

Semen mempunyai unsur-unsur sebagai berikut : Bahan dasar penyusun beton (tabel 2.21) terdiri dari bahan-bahan yang didalamnya mengandung kapur, silika dan oksidasi besi adalah bahan-bahan unsur pokok semen.

2.2.3.2 Air

Fungsi dari air disini adalah antara lain sebagai bahan pencampuran antara agregat dan semen. Air harus bebas dari bahan yang memiliki sifat basa, dan berminyak. Air yang memiliki kandungan tumbuh-tumbuhan busuk harus benar-benar dihindarkan karena dapat mengganggu pengikatan terhadap semen. Sebenarnya air minum telah memenuhi syarat untuk air membuat beton, Kecuali Air minum yang memiliki banyak kandungan senyawa kimia seperti sulfat.

Air yang didalamnya memiliki kotoran yang cukup banyak dapat mengganggu proses dari pengerasan atau ketahanan suatu beton. Kotoran secara umum dapat menyebabkan hal-hal sebagai berikut.

- 1) Gangguan terhadap hidrasi dan pengikatan beton.
- 2) Gangguan terhadap kekutan dan ketahanan beton.
- 3) Perubahan volume yang menjadi penyebab keretakan beton.
- 4) Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
- 5) Bercak-bercak pada permukaan beton.

2.2.3.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah pengisi yang berupa pasir, agregat yang terdiri dari buti-butiran yang sangat tajam, keras dan berukuran antara 0,075 – 5 mm dan terdapat kadar bagian yang kurang dari 0,063 mm, tidak lebih dari kurang 5%. Butir-butiran agragt halus harus bersifat kekal yang artinya tidak pecah dan hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari.

Persyaratan mutu agregat halus (pasir) pada beton tertera dalam (BSN, 1989), adalah sebagai berikut :

- 1) Memiliki butiran yang tajam, keras dan kuat.
- 2) Memiliki sifat kekal, hancur karena pengaruh cuaca atau tidak pecah.
- 3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - a. Apabila akan menggunakan Natrium Sulfat. Bagian yang hancur harus memiliki maksimum 12%.
 - b. Apabila akan menggunakan Magnesium Sulfat, bagian yang hancur harus memiliki maksimum 10%.

- 4) Agregat halus tidak boleh yang memiliki kandungan lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5%. Apabila pasir lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
- 5) Tidak boleh memiliki kandungan zat organik, karena dapat mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan sebesar 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- 6) Harus mempunyai variasi besar butiran (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan sebesar 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susuanna yang telah ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butiran zone 1, 2, 3, dan 4 dan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut ini :
 - a. Sisa butiran diatas ayakan sebesar 4,8 mm, maks 2% dari berat.
 - b. Sisa butiran diatas ayakan sebesar 1,2 mm, maks 10% dari berat.
 - c. Sisa butiran diatas ayakan sebesar 0,30 mm, maks 15% dari berat.
- 7) Tidak boleh yang terdapat mengandung garam.

Tahapan pengujian agregat halus (pasir) antara lain sebagai berikut ini :

1) Pengujian gradasi agregat halus (pasir)

ASTM (1986) dalam standar *spesification for concrete aggregates* memberikan syarat gradasi agregat halus seperti yang tercatum pada tabel 2.22 yang dimana agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan pada yakan berikutnya.

Tabel 2.22 Batas gradasi agregat halus (ASTM, 1986)

Ukuran lubang ayakan (mm)	Persen lolos kumulatif (%)
9,5	100
4,75	95-100
2,36	80-100
1,18	50-85
0,6	25-60
0,3	10-30
0,15	2-10

2) Pengujian berat jenis agregat halus (pasir)

Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berdasarkan (BSN, 1990a).

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B+A-C)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan:

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer yang berisi air (gram)

C = berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

3) Pengujian penyerapan air agregat halus (pasir)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui persentase penyerapan air terhadap agregat halus (pasir). Berdasarkan (BSN, 1990a).

$$\text{Penyerapan air} = \left(\frac{S-A}{A} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram).

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram).

4) Pengujian kadar lumpur agregat halus (pasir)

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus berdasarkan (BSN, 1989). Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus (pasir).

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B1-B2}{B1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan :

B1 = pasir jenuh kering muka (gram).

B2 = pasir setelah keluar oven (gram).

5) Pengujian berat satuan agregat halus (pasir)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan agregat halus (pasir).

$$\text{Berat satuan} = \frac{W3}{V} \text{ kg/liter} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan :

W3 = berat benda uji (kg).

V = berat volume silinder kosong (m³).

2.2.3.4 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang diambil atau dipecahkan dari batuan alam yang berukuran kecil dan besar dengan berukuran 5 – 40 mm. Gradasi agregat kasar untuk berukuran maksimum tertentu dapat bervariasi tanpa terpengaruhi besar terhadap kebutuhan semen dan air yang baik. Karena variasi sulit diantisipasi, dan lebih lagi ekonomis dapat mempertahankan keseragaman penanganan daripada menyesuaikan proporsi untuk variasi gradasi. Sifat agregat kasar dapat mempengaruhi kekuatan akhir pada beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton. Cuaca, dan efek-efek

perusak lainnya. Agregat kasar ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus memiliki ikatan yang baik dengan *gel* semen.

Dalam pelaksanaannya agregat pada umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok (Tjokrodinuljo, 2010) yaitu :

- 1) Batu yang memiliki besar butiran lebih dari 40 mm.
- 2) Kerikil yang memiliki besar butiran antara 5 mm sampai 40 mm.
- 3) Pasir yang memiliki besar butiran antara 0,15 sampai 5 mm.

Tahapan pengujian agregat kasar antara lain sebagai berikut ini :

a) Pengujian berat jenis agregat kasar (*split*)

Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui berat jenis dan mengetahui persentase berat air yang dapat mampu diserap oleh agregat kasar.

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram).

B = berat benda uji dalam kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram).

C = berat benda uji di dalam air (gram).

b) Pengujian penyerapan air agregat kasar (*split*)

Pengujian ini agar dapat mengetahui persentase penyerapan air pada agregat kasar.

$$\text{Penyerapan air} = \left[\frac{B-A}{A} \right] \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan :

A = berat benda uji telah kering oven (gram)

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram).

a. Modulus halus Butiran (MHB)

Modulus halus butiran (MHB) adalah suatu indeks yang dapat dipakai untuk mengukur suatu kehalusan atau kekerasan butir-butiran agregat. Semakin besar nilai modulus halus butiran (MHB) suatu agregat maka dapat semakin besar ukuran butiran agregatnya. Kehalusan dan kekerasan agregat dapat dipengaruhi oleh kekecekan dari mortar beton. Modulus halus butiran (MHB) dapat didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal diatas satu set ayakan (8; 19; 6; 4; 1; 2; 0,6; 0,3; 0,15 mm), kemudian nilai tersebut dibagi seratus. Pada umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butiran (MHB) skitar antara 1,50 – 3,8 dan kerikil mempunyai modulus halus butiran (MHB) berkisar antara 5-8. Nilai yang didapat ini

juga dipakai sebagai dasar untuk mencari perbandingan dari campuran agregat. Untuk agregat campurn nilai Modulus halus butiran (MHB) yang dapat dipakai berkisar antara 5,0 – 6,0. Hubungan ketiga nilai Modulus halus butiran (MHB) tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut ini:

$$W = \frac{(K-C)}{(C-P)} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan :

W = persentase berat agregat halus (pasir) terhadap berat dari agregat kasar (kerikil/batu pecah).

K = Modulus halus butiran butiran agregat kasar.

P = Modulus halus butiran agregat halus.

C = Modulus halus butiran agregat campuran.

2.2.4 *Self Compacting Concrete (SCC)*

Self Compacting Concrete (SCC) dapat didefinisikan suatu perkembangan dari beton konvensional yang dapat dikenal sebagai beton yang bisa memadatkan sendiri tanpa menggunakan alat *vibrator* dan *compactor* sehingga bisa menjangkau bagian – bagian yang sulit untuk dijangkau saat pengecoran. Selain itu beton *Self Compacting Concrete* bersifat kohesif sehingga dapat dikerjakan tanpa akan terjadinya segregasi atau *bleeding*, sehingga lebih cepat mengeras dibandingkan dengan beton konvensional dan dapat mengurangi *curing time*. Beton *Self Compacting Concrete* memiliki kandungan yang sama dengan beton konvensional yang lainnya, akan tetapi *self compacting concrete* memiliki bahan tambah berupa *admixture* kimiawi yang berupa *viscocrete* dan bahan tambahan yang mengandung *pozzolan*.

2.2.4.1 Sifat *self compacting concrete*

Kriteria *workability* dengan campuran beton yang mutu baik pada *self compacting concrete (SCC)* adalah dapat mampu memnuhi kriteria berikut ini :

1) Kemampuan dalam mengisi ruangan (*filling ability*)

Kemampuan campuran pada beton segar dalam mengisi ruangan atau cetakan pada beratnya sendiri, agar dapat mengetahui beton mempunyai kemampuan *filling* maka pada beton segar dapat diuji menggunakan dengan alat *Flow table* dan *V-vunnel*. Pengujian *Flow table* mempunyai persyaratan waktu yang diperlukan beton untuk mencapai diameter sebaran sebear 500 mm (t500) berkisar 2-5 detik dengan syarat diameter sebaran 700 mm, sedangkan pengujian *V-vunnel* tanpa serat waktu yang diperlukan beton untuk melewati celah sampai habis adalah 6-12 detik Unsur-unsur yang dapat mempengaruhi sifat pada *filling ability* antara lain sebagai berikut ini :

- a) Agregat kasar berukuran maksimal 20 mm
- b) Agregat kasar yang digunakan 50% dari berat volume total, agar mortar dapat melewati rongga-rongga dari agregat kasar yang kurang rapat.
- c) Penggunaan terhadap *superplasticizier* yang memadai dengan mengatur komposisi agregat pada campuran tersebut.
- d) Rasio air-semen (*w/c-ratio*) yang rendah agar dapat mengendalikan volume agregat yang dikombinasikan dengan agregat pengisi yang berukuran sekitar 0,12 mm menyebabkan campuran pada beton ini tidak mudah mengalami segregasi, dan
- e) Pemakaian terhadap butir batuan yang berbentuk bulat dapat mempermudah pengerjaan adukan.

2) Pengaliran (*flowability*)

Flowability pada *self compacting concrete* dapat menunjukkan bahwa beton tersebut memiliki pengaliran yang sangat baik atau tidak, *self compacting concrete flowability* dapat di uji *Flow table*, *V-vunnel* dan *L-Box*. Pada pengujian *flow table* mempunyai persyaratan waktu yang diperlukan beton untuk mencapai diameter sebaran sebesar 500 mm (t_{500}) berkisar 2-5 detik dengan syarat diameter sebaran 700 mm, sedangkan pengujian *V-vunnel* tanpa serat waktu yang diperlukan beton untuk melewati celah sampai habis adalah 6-12 detik, sedangkan pengujian *L-Box* dan *Box Type*, yang perbedaan tinggi diperlukan aliran beton horizontal (H_2/H_1) lebih besari dari 0,8.

3) Kemampuan melewati tulangan (*passing ability*)

Kemampuan pada campuran beton segar untu melewati suatu celah antara besi tulangan atau bagian cilah yang sangat sempit pada cetakan, untuk mengetahui beton yang mempunyai kemampuan ini dapat dilakukan dengan menggunakan alat *L-Box* dan *Box Type*, yang perbedaan tinggi diperlukan aliran beton horizontal (H_2/H_1) lebih besari dari 0,8.

4) *Segregation Resitance*

Segregation merupakan kecenderungan dari butiran kerikil yang dapat memisahkan diri dari campuran adukan beton. Campuran beton yang memiliki kelebihan air akan semakin memperbesar terjadinya segregasi, yang dimana pada material berat mengendap ke dasar beton segar dan material lebih ringan akan menuju ke atas permukaan. Hal ini akan mengakibatkan adanya lubang atau rongga pada beton, sehingga beton menjadi tidak homogen, permeabilitas akan berkurang, dan juga kurang awet. Dengan adanya penggunaan *superplasticizier* maka *water/binder* dapat diperkecil dengan takaran tertentu segregasi akan dapat dihilangkan yaitu dengan *trial mix design*.

Ketahanan pada campuran beton segar terhadap segregasi, agar dapat mengetahui beton memiliki kemampuan ini dapat dilakukan pengujian dengan menggunakan alat *V-vunnel*, dengan waktu yang diperlukan oleh beton segar untuk segera mengalir melalui mulut ujung yang terdapat di bawah alat ukur *V-vunnel* berkisar antara 7-13 detik.

5) Kemudahan pengerjaan (*workability*)

Workability merupakan suatu ukuran dari tingkat kemudahan pada adukan yang diaduk, dituang, diangkut dan didapatkan. Perbandingan terhadap bahan dan juga pada sifat bahan yang mempengaruhi sifat kemudahan dalam pengerjaan antara lain sebagai berikut ini :

- a) Jumlah air yang akan dipakai dalam suatu adukan, maka semakin banyak air yang dipakai, sehingga semakin mudah beton segar dapat dikerjakan.
- b) Penambahan terhadap semen dalam pengadukan akan diikuti dengan penambahan campuran untuk memperoleh nilai FAS tetap.
- c) Gradasi pada campuran agregat kasar dan halus.
- d) Pemakaian butiran batuan yang bulat dapat mempermudah pengerjaan suatu adukan.
- e) Pemakaian butiran maksimum agregat kasar.

2.2.4.2 Pemeriksaan *fresh properties self compacting concrete (SCC)*

Dalam pembuatan beton *Self Compacting Concrete (SCC)*, ada syarat sifat-sifat khusus beton segar *Self Compacting Concrete (SCC)* dapat dilihat pada tabel 2.23 dan komposisi agregat kasar dan halus agar dapat diperhatikan. Banyaknya pemakaian agregat halus berbanding lurus dengan daya alir beton segar. Berbeda dengan beton konvensional yang memiliki komposisi agregat kasar yang lebih banyak dibandingkan agregat halus. Ada beberapa pengujian *fresh properties* pada *Self Compacting Concrete (SCC)* yaitu :

1. Meja sebar *T50*

Test ini digunakan untuk menentukan nilai *filling ability* dan stabilitas pada *SCC*. Peralatan ini terdiri berbentuk sebuah lingkaran yang berdiameter 500 mm yang digambarkan pada sebuah tatakan datar. Alat uji kerucut *slump* diisi dengan adukan beton segar kemudian kerucut diangkat ke atas. Setelah itu catu waktu ketika campuran beton mencapai lingkaran diameter 500 mm (*T50*). Saat campuran berhenti mengalir ukur diameter akhirnya dan amati segregasi ujung yang terjadi. Menurut Menurut *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products*

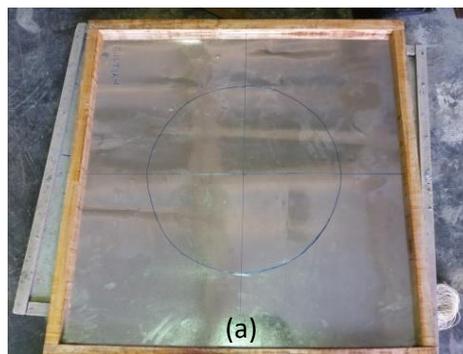
(EFNARC) durasi yang dibutuhkan beton segar mencapai diameter 500 mm berkisar 2 – 5 detik. Alat pengujian meja sebar dapat dilihat pada Gambar 2.8 (a).

2. *V-Funnel test*

V-Funnel test digunakan untuk mengukur *filling ability* serta segregasi pada beton segar. Peralatan berbentuk corong V dan pada bagian bawah terdapat lubang yang dapat dibuka tutup. Dibawah corong disediakan ember untuk menampung campuran beton segar yang nantinya akan dialirkan ke bawah. Campuran beton segar diisi secara penuh kedalam corong tersebut, lalu kemudian diamkan selama satu menit dan lubang dibawah corong dibuka. Catat waktu total hingga seluar campuran beton segar habis mengalir. Menurut *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products (EFNARC)* durasi yang dibutuhkan beton mengisi ruang bekisra 6-12 detik. Alat yang digunakan adalah *V-vunnel* Gambar 2.8 (b).

3. *L-Box test*

L-Box test digunakan untuk mengamati karakteristik material terhadap *passing ability* dalam melewati tulangan diuji dengan *L-Box test*. Menurut *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products (EFNARC)* *L-Box test* digunakan dengan membandingkan antara $h_2/h_1 \geq 0,8$. Bentuk alat pengujian *L-Box* dapat dilihat pada Gambar 2.8 (c).





Gamabar 2.8 Alat pengujian : (a) Meja Sebar (T50), (b) V-funnel, (c) L-Box

Tabel 2.23 Batas-batasan sifat beton segar SCC (EFNARC, 2002)

Parameter	Kisaran
T _{50 cm}	2 – 5 sec
V-Funnel	6 – 12 sec
L-Box, H ₂ /H ₁	≥ 0,8
Slump Flow	650– 800 mm

2.2.5 Silica Fume

Mikrosilika (Silica Fume) adalah yang merupakan produk dari sampingan yang sebagai abu pembakaran dari proses pembuatan *silicon metal* atau *silicon alloy* didalam tungku pembakaran listrik. *Mikrosilika* ini bersifat *pozzolan*, dengan kadar kandungan senyawa *silica-dioksida* (SiO₂) yang sangat tinggi (> 90%) dengan ukuran butiran partikel yang sangat halus, yaitu berkisar 1/100 berukuran rata-rata partikel semen. Dengan demikian penggunaan dari *mikrosilika* pada umumnya akan memberikan sumbangan yang sangat efektif pada kinerja beton, terutama untuk sebagi beton bermutu sangat tinggi (Pujianto, 2011).

Tabel 2.24 Spesifikasi *Silica Fume* (Handayani dkk., 2014)

Sifat – sifat	ASTM 1240 – 05	Spesifikasi
Warna	-	Abu-abu
<i>Silikon Dioksida</i> (SiO ₂), (%)	≥ 85	95
<i>Bulk density</i> (kg/m ³)	-	2100 2300

2.2.5 Superplasticizier (*Viscocrete-1003*)

Dalam membuat suatu beton *Self Compacting Concrete*, dibutuhkan suatu zat *additif* yang berupa *superplasticizier*. Penelitian ini, *superplasticizier* yang digunakan adalah *viscocrete* (Gambar 2.9). *viscocrete* yang digunakan merupakan *superplasticizier* dari merk sika tipe 1003 dengan mempunyai kemampuan mengalir

yang baik bersamaan dengan *kohesi* yang optimal dapat mengurangi pengurangan air sehingga nilai kuat tekannya meningkat dengan *workability* yang sangat baik.



Gsmbar 2.9 Superplasticizier merk Sika Viscocrete-1003

2.2.6 Kuat Tekan Beton

Tujuan pengujian pada kuat tekan ini untuk mengetahui kuat tekan dengan prosedur yang benar, pengujian dilakukan terhadap beton segar (*fresh concrete*) yang mewakili dari campuran beton, benda uji berbentuk silinder ataupun berbentuk kubus (BSN, 1990e). Hasil dari pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan sebagai berikut :

- a. Perencanaan terhadap campuran beton.
- b. Pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembetonan.

Didalam kuat tekan beton ada cara perhitungan, perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \cdot \text{kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan :

P = Beban maksimum beton (kg).

A = Luas Penampang beton (cm²).