

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Adapun penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilakukan sebelumnya oleh peneliti-peneliti tentang beton *self compacting concrete* dengan bahan tambah abu sekam padi dan variasi bahan tambah *superplasticizer*. Penelitian terdahulu tentang beton *self compacting concrete* ini dengan berbagai bahan tambah seperti serbuk bata, abu ampas tebu, serat fiber dan lain-lain. Berikut ini penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilakukan.

1. Pengaruh penambahan abu sekam padi sebagai campuran bahan baku beton terhadap sifat mekanis beton (Tata dkk., 2016)
2. Pengaruh variasi penambahan abu ampas tebu terhadap *flowability* dan kuat tekan *self compacting concrete* (Setyawan dkk., 2016)
3. Pengaruh penggunaan serat *high density polyethylene* (HDPE) pada campuran beton terhadap kuat tarik beton (Romel dkk., 2014)
4. Pengaruh bahan tambah serbuk bata dan serat fiber pada *self compacting concrete* (SCC) (Safarizki, 2017)
5. Karakteristik *self compacting concrete* (SCC) tanpa curing (Erniati, 2016)
6. *Self compacting concrete* dengan memanfaatkan *fly ash* dan abu batu sebagai material pengisi (*filler*) (Patrisia, 2014)
7. Kajian pengaruh penambahan bahan retarder terhadap parameter beton memadat mandiri dengan kuat tekan beton mutu tinggi (Sabrina dkk., 2017)
8. Pengaruh ukuran spesimen terhadap hubungan tegangan dan regangan pada beton *high volume fly ash selft compacting concrete* (Insiroh dkk., 2018)
9. Pengaruh volume agregat halus terhadap sifat segar dan kuat tekan pada *high volume fly ash concrete* (HVFAC) (Andriawan dkk., 2014)
10. Perilaku kuat tekan dan kuat tarik beton campuran limbah plastik HDPE (Soebandono dkk., 2013)
11. Pengaruh penambahan serat goni terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton (Nuklirullah, 2017)

12. Perbandingan kuat tekan dan kuat tarik belah antara beton normal dan beton *integral waterproofing* (Jaya dkk., 2017)
13. *Self Compacting Concrete Procedure for Mix Design* (Aggarwal dkk., 2008)

2.2.1. Pengujian Terdahulu Terhadap Agregat Kasar

Setyawan dkk., (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Variasi Penambahan Abu Ampas teb Terhadap *Flow Ability* dan Kuat Tekan *Self Compacting Concrete*” melakukan penelitian agregat kasar yang berasal dari clereng kabupaten Kulonprogo. Pada penelitian tersebut didapat berat jenis sebesar 2,63, berat satuan sebesar 1,55 gr/ cm³, keausan sebesar 21,36%, kadar air sebesar 0,771%, penyerapan air sebesar 1,423% , kadar lumpur sebesar 1,75 %.

Pratama dkk., (2016) dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar dari Yogyakarta Terhadap Kuat Tekan Beton” yang berasal dari Clereng, Kulon Progo, dan Merapi. Dari hasil pengujian pada agregat kasar Clereng, Kulon Progo tersebut, diketahui berat pasir sebesar 2,87, penyerapan air sebesar 1,2% berat satuan sebesar 1,55gr/cm³ ,kadar lumpur sebesar 1,55% , kadar air sebesar 0,15%, dan keausan sebesar 21,36%.

Habibi dkk., (2016) dalam penelitian yang berjudul “Kajian Perbandingan Kuat Tekan Beton Terhadap jenis pasir di Yogyakarta” yang berasal dari Clereng, Kulon Progo. Dari hasil pengujian pada agregat kasar didapat berat pasir sebesar 2,87, penyerapan air sebesar 2,50% , berat satuan sebesar 1,55 gr/cm³ kadar lumpur sebesar 1,555% ,kadar air sebesar 0,15%, dan keausan sebesar 21,36%. Hasil pengujian agregat kasar dari Clereng dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil pengujian agregat kasar dari Clereng (Habibi dkk., 2016)

No	Jenis Pengujian	Satuan	Penguji		
			Habibi (2016)	Pratama (2016)	Setyawan (2016)
1	Berat jenis	-	2,87	2,63	2,87
2	Penyerapan Air	%	1,2	1,423	2,5
3	Kadar Air	%	0,15	0,771	0,15
4	Kadar Lumpur	%	1,55	1,75	1,55
5	Keausan	%	21,36	21,36	21,36
6	Berat Satuan	gram/cm ³	1,55	1,55	1,55

2.1.2. Pengujian Terdahulu Terhadap Agregat Halus

Pratama dkk., (2016) dalam penelitiannya tentang “pengaruh penggunaan agregat kasar dari Yogyakarta Terhadap Kuat Tekan Beton” melakukan penelitian agregat halus dari kali progo. Pada penelitian tersebut diketahui bahwa pasir progo termasuk dalam zona gradasi daerah butiran 2 dengan modulus halus butir sebesar 2,648, berat jenis sebesar 2,66, penyerapan air sebesar 0,81% , kadar air sebesar 0,30% , kadar lumpur sebesar 2,20% ,dan berat satuan sebesar 1,61 gr/cm³.

Setyawan dkk., (2016) dalam penelitiannya tentang “Pengaruh Variasi Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap *Flow Ability* dan kuat Tekan *Self Compacting Concrete*” melakukan penelitian agregat halus yang berasal dari kali progo. Pada peneltian tersebut diketahui bahwa pasir progo termasuk dalam zona gradasi butiran daerah 2 dengan modulus halus butir sebesar 2,648, berat jenis sebesar 2,59, kadar lumpur sebesar 4,352%, penyerapan air 0,26% dan berat satuan 1,31 gr/cm³.

Habibi dkk., (2016) dalam penelitiannya tentang “Kajian Kuat Tekan Beton Terhadap Jenis pasir di Yogyakarta” melakukan penelitian agregat halus yang berasal dari kali progo, Merapi. Pada penelitian tersebut diketahui bahwa pasir tersebut termasuk dalam zona gradasi daerah 2 dengan modulus halus butiran sebesar 3,08, berat jenis sebesar 2,66, penyerapan air sebesar 0,81%, kadar air sebesar 0,30% ,kadar lumpur sebesar 2,2%, dan berat satuan 1,61 gr/cm³. Hasil pengujian agregat halus dari kali Progo dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hasil pengujian agregat halus dari Kali Progo (Habibi dkk., 2016)

No	Jenis Pengujian	Satuan	Penguji		
			Habibi (2016)	Pratama (2016)	Setyawan (2016)
1	Gradasi	-	Daerah 2	Daerah 2	Daerah 2
2	Modulus Halus Butir	-	3,08	2,648	2,648
3	Berat jenis		2,66	2,66	2,59
4	Penyerapan Air	%	0,81	0,81	0,26
5	Kadar Air	%	0,3	0,3	4,575
6	Kadar Lumpur	%	2,20	2,20	4,532
7	Berat Satuan	gram/cm ³	1,61	1,61	1,31

2.1.3. Penelitian Terdahulu Beton Normal

Jaya dkk., (2017) melakukan penelitian tentang kuat tekan dan kuat tarik belah beton normal dengan beton *integral waterproofing*. Beton *integral waterproofing* merupakan campuran beton dengan *integral waterproofing* dengan tujuan untuk memperbaiki sifat beton terhadap ketahanan air. Pengujian ini meliputi pengujian berat volume, berat jenis, penyerapan dan kadar air, kadar lumpur dan analisis saringan. Perhitungan penambahan air untuk campuran *integral waterproofing* $\frac{1}{4}$ dari berat semen. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik dilakukan pada umur 28 hari. Masing-masing menggunakan 15 benda uji silinder untuk pengujian kuat tekan untuk beton normal dan beton *integral waterproofing* sedangkan 5 benda uji untuk pengujian tarik. Mutu beton direncanakan 25 Mpa dengan nilai slump 60-180 mm benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan mix *design* tata cara pembuatan beton normal mengacu SNI 03-2834-2000. Hasil kuat tarik beton normal 10,22 MPa sedangkan kuat Tarik beton *integral waterproofing* 10,58 MPa. Untuk melihat hasil uji Tarik dan uji tekan beton normal dan beton *integral waterproofing* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pengujian kuat tarik, kuat tekan beton normal dan beton *integral waterproofing* (Jaya dkk., 2017)

Nomor benda uji	Umur (hari)	Dimensi		Beton Normal		Beton Integral	
		D (mm)	T (mm)	Berat benda uji	Kuat tarik (N)	Berat benda uji	Kuat tarik (N)
1	28	150	300	11,6	9,78	11,7	12
2	28	150	300	11,8	9,78	11,3	9,33
3	28	150	300	11,7	10,22	11,6	11,56
4	28	150	300	11,8	10,22	11,5	10,67
5	28	150	300	11,7	11,11	11,5	9,33
Kuat tarik rata-rata					10,22		10,58

2.1.4. Penelitian Terdahulu *Self Compacting Concrete*

Tata dkk., (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan abu sekam padi sebagai campuran bahan baku beton terhadap sifat mekanis. Beberapa cara digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton yaitu memberi bahan tambah dengan harga ekonomis serta diprediksi dapat meningkatkan sifat mekanis beton.

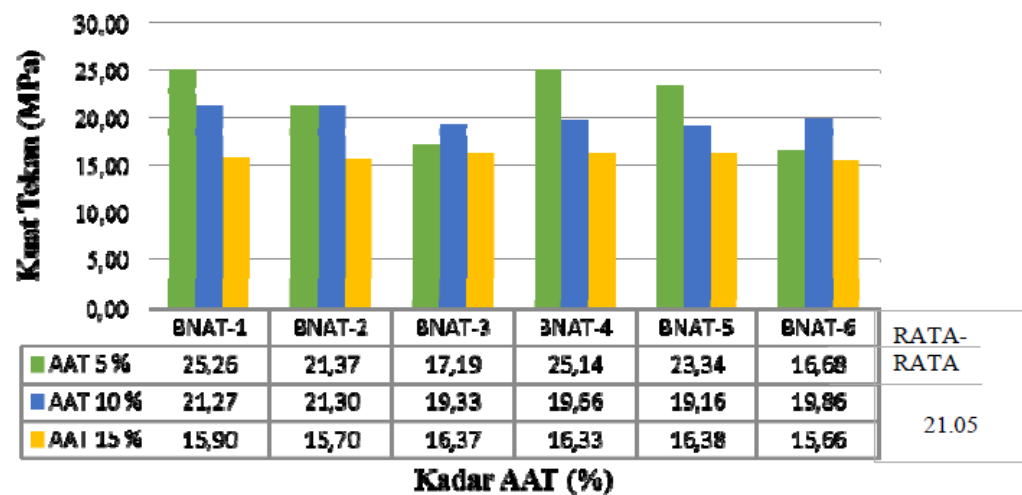
Abu sekam padi memiliki sifat *absorpsi* (serap air) yang tinggi, butiran yang terdapat pada abu sekam padi berfungsi menyerap kelebihan air dan menutupi rongga yang terdapat diantara agregat pembentuk beton sehingga memberikan kekuatan pada beton. Penelitian ini bertujuan mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan abu sekam padi dengan variasi 0%, 2,5%, 7,5%, dan 10% dari berat agregat halus (pasir) terhadap nilai kuat tekan, kuat lentur dan elastisitas. Metode pengujian pada penelitian ini mengacu pada SNI dan ASTM, benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 150 x 150 x 150 mm dan pengujian kuat tekan, kuat lentur, elastisitas dilakukan pada umur beton 28 hari. Hasil pengujian menggunakan abu sekam padi dengan variasi 0%, 2,5%, 7,5%, dan 10% dari berat agregat halus (pasir) diperoleh kuat tekan optimumnya sebesar 18,4 MPa pada variasi penambahan 7,5% abu sekam padi, kemudian untuk kuat lentur optimumnya diperoleh sebesar 6,38 MPa pada variasi penambahan 2,5% abu sekam padi, dan untuk pengujian elastisitas diperoleh bahwa semakin besar penambahan abu sekam padi maka semakin besar elastisitas beton. Hasil pengujian sifat mekanis dari benda uji dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Hasil pengujian sifat mekanis benda uji (Tata dkk., 2016)

Variasi ASP	Hasil Pengujian		
	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Lentur (Mpa)	Elastisitas (Mpa)
0	15,23	5,68	18757,35
2,5	16,37	6,46	20032,68
5	15,69	5,92	19741,08
7,5	21,15	5,56	21322,43
10	16,83	5,5	19815,22

Setyawan dkk., (2016) melakukan penelitian tentang *flowability* dan kuat tekan *self compacting concrete* dengan variasi penambahan abu ampas tebu, yang di dapat dari hasil sisa pembakaran ampas tebu. Abu ampas tebu memiliki butiran yang relatif kecil yang dapat mengisi lubang pori pada beton dan dapat meningkatkan *workability* pada beton. Kandungan kimia yang terdapat pada abu ampas tebu terdapat unsur kimia yang ada dalam kandungan semen sehingga dapat digunakan sebagai pengganti sebagian dari semen. Metode pengujian beton segar dalam penelitian ini menggunakan standar yang telah ditetapkan oleh EFNARC. Variasi abu ampas tebu pada penelitian ini sebesar 5%, 10%, dan 15%

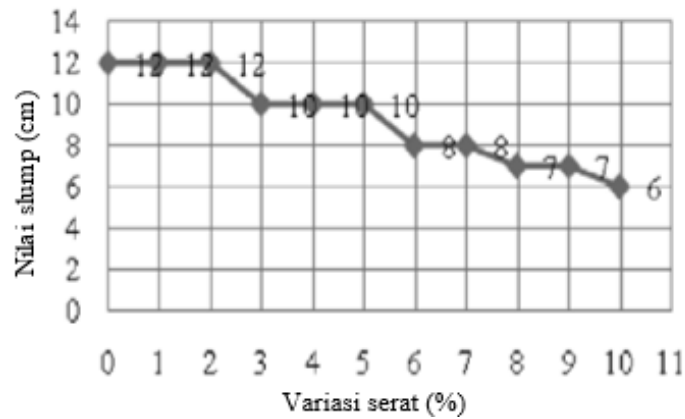
dan penambahan *viscocrete* dengan variasi 1,2%, 1,4%, dan 1,6% dari berat semen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan abu ampas tebu maka terjadi penurunan kuat tekan beton, penambahan abu ampas tebu 5% ke 10% terjadi penurunan rata-rata sebesar 6,96%, sedangkan 10% ke 15% terjadi penurunan rata-rata sebesar 25,1%. Kuat tekan maksimal rata-rata pada beton umur 28 hari didapat pada variasi abu ampas tebu 5% sebesar 21,50 MPa. Hasil perbandingan kuat tekan beton dengan penambah abu ampas tebu bias dilihat pada Gambar 2.1.



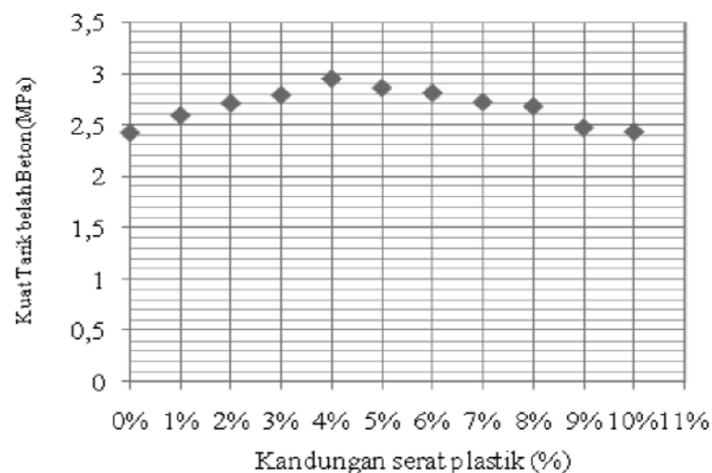
Gambar 2.1 Perbandingan kuat tekan beton dan penambahan abu ampas tebu (Setyawan dkk., 2016)

Rommel dkk., (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan serat *high density polyethylene* (HDPE). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase penambahan serat HDPE pada proses pengerjaan, kuat tarik pada beton dan mengetahui pola penyebaran serat pada beton. Penambahan serat HDPE lebar 0,5 mm dan 2,5 mm dengan variasi 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% dari volume campuran beton. Pencampuran beton menggunakan pasir gradasi zona 2, semen gresik jenis PPC, dan kerikil dengan ukuran butiran 20 mm. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa beton pada umur 28 hari, semakin besar persentase kadar variasi serat maka kuat tarik yang dihasilkan semakin tinggi, tetapi pada titik optimum selanjutnya nilai kuat tarik yang dihasilkan semakin menurun. Dari hasil pengujian, didapat kuat tarik optimum beton normal sebesar 2,42 MPa, dan kuat tarik optimum HDPE pada variasi serat kadar 4% sebesar 2,86 MPa. Kemudian pada variasi serat kadar 6%

dan 10% mengalami penurunan kuat tarik belah, nilai kuat tarik minimum sebesar 2,43 MPa. Hubungan nilai *slump* dengan serat pada beton normal pada Gambar 2.2 , hubungan kuat tarik beton dan jumlah serat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Hubungan nilai *slump* dan variasi serat pada beton segar (Rommel dkk., 2014)



Gambar 2.3 Hubungan kuat tarik belah beton dan kandungan serat (Rommel dkk., 2014)

Safarizki, (2017) melakukan penelitian tentang pengaruh beton *self compacting concrete* dengan bahan tambah serbuk batu bata dan serat fiber sebagai agregat halus dalam campuran beton. Memiliki kuat tekan tinggi pada umur awal beton serta workability yang baik beton *self compacting concrete* harus memenuhi syarat tersebut, sehingga penggunaan serbuk bata dan serat fiber pada penelitian ini yaitu agar diketahui manfaatnya. Metode campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *trial mix* dengan dasar *mix design* normal K350, komposisi campuran *trial mix* dapat dilihat pada Tabel 2.5. Hasil penelitian

ini menunjukkan bahwa tambah tersebut dapat meningkatkan nilai *slump flow* 120 mm menjadi 670 mm dan kuat tekan beton umur 1 hari meningkat dari 5,43 MPa menjadi 6,17 MPa. Hasil kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.5 Komposisi campuran beton (Safarizki, 2017)

Volume	Pasir			
	Semen (kg)	beton (kg)	Kerikil (kg)	Air (liter)
1 m ³	448	667	1000	215
1 cetakan silinder	2,38	3,54	5,3	1,14

Tabel 2.6 Hasil uji kuat tekan beton (Safarizki, 2017)

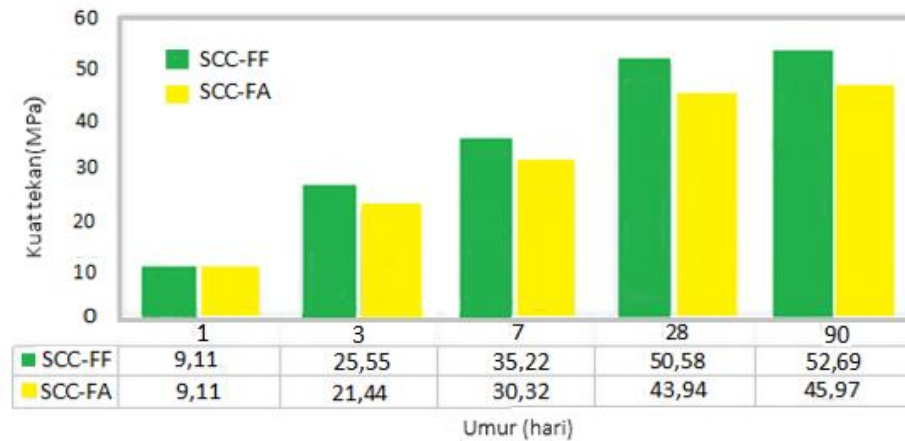
Jenis	Kuat Tekan (MPa)	
	1 hari	28 hari
Beton normal	5,43	36,2
SCC 2,78% bata 0,07% fiber	6,17	41,10
SCC 2,78% bata 0,55% fiber	5,45	36,32

Erniati, (2016) melakukan penelitian tentang karakteristik *self compacting concrete* (SCC) tanpa curing untuk memperoleh ketahanan yang baik. SCC-FF merupakan istilah yang digunakan untuk beton memadat sendiri dengan curing, sedangkan SCC-FA istilah yang digunakan untuk beton memadamat sendiri tanpa perawatan/curing. Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus yang mengacu pada ASTM. *Workability* beton segar diamati dengan *slump cone* untuk menentukan *slump flow* dan T500 yang diukur untuk memenuhi persyaratan sebagai SCC. Mengacu pada spesifikasi EFNARC yaitu 2-5 detik, hasil *slump flow* dari T500 sebesar 2,47 detik sedangkan untuk beton SCC didapat hasil pengujian *slump flow* untuk sebesar 722,5 mm yang telah memenuhi nilai persyaratan nilai *slump tes* sebesar 600-800 mm. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik menggunakan 3 sampel yang diuji yang masing-masing mewakili 3 sampel pada umur 1 hari, 7 hari, 28 hari, 90 hari dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder ukuran 10 mm x 20 mm. Pengujian metode kuat tekan sesuai standar ASTM 39/C39M-12a, untuk kuat tarik sesuai standar ASTM

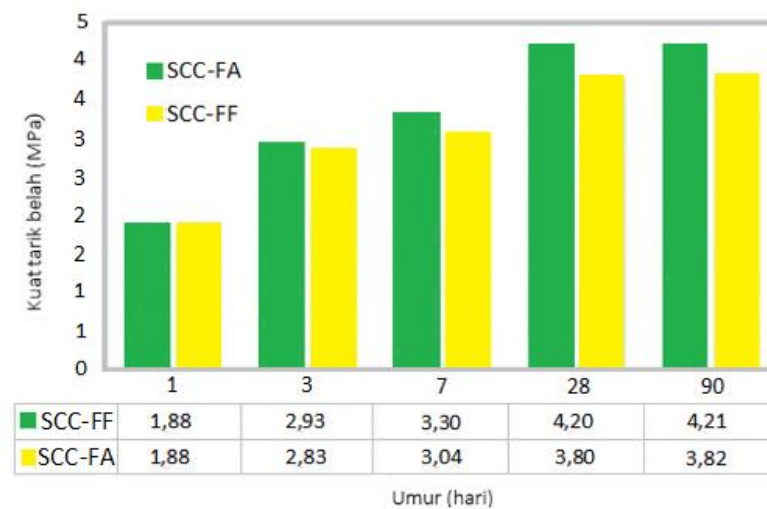
C496/C496M-11,2011. Hasil kuat tekan dan kuat tarik dilihat pada Tabel 2.7, hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah dengan umur SCC-FF dan SCC-FA pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5.

Tabel 2.7 Hasil kuat tekan dan kuat tarik (Erniati, 2016)

No	Umur (hari)	SCC dengan curing			SCC tanpa curing		
		Nama Sampel	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Nama Sampel	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Kuat Tarik Belah (MPa)
1	1	SCC-FF-1	9,11	1,88	SCC-FA-1	9,11	1,88
2	3	SCC-FF-3	15,55	2,93	SCC-FA-3	21,44	2,83
3	7	SCC-FF-7	35,22	3,3	SCC-FA-7	30,32	3,04
4	28	SCC-FF-28	50,58	4,2	SCC-FA28	43,94	3,8
5	90	SCC-FF-90	52,69	4,21	SCC-FA90	45,97	3,82



Gambar 2.4 Hubungan kuat tekan dan umur SCC-FF dan SCC-FA (Erniati, 2016)



Gambar 2.5 Hubungan kuat tarik belah dan umur SCC-FF dan SCC-FA (Erniati, 2016)

Patrisia, (2014) melakukan penelitian tentang *Self compacting concrete* dengan memanfaatkan *fly ash* dan abu batu sebagai material pengisi (*filler*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi *filler fly ash* optimum untuk menghasilkan *self compacting concrete* yang berpengaruh juga pada *flowability*, *viscosity*, *passing ability*, dan *segregasi* beton mampu bertahan. Untuk itu dibuat rancangan beton menggunakan *fly ash* dengan variasi sebesar 0%, 10%, 15%, 20% yang dilihat pada Tabel 2.8. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa penambahan *fy ash* dengan variasi 30% *flow ability* semakin meningkat dan *viscosity* juga semakin tinggi ditunjukkan dengan nilai dari nilai T_{500} semakin kecil, kemudian nilai *blocking ratio* juga semakin tinggi berarti semakin baik beton segar tersebut mengalir. Dilihat pada Tabel 2.9 merupakan hasil dari pengujian beton segar. Kemudian pada pengujian kuat tekan beton pada umur 7 dan 28 hari keduanya memiliki persamaan bahwa terjadi peningkatan nilai kuat tekan beton seiring bertambahnya variasi *fly ash* dengan nilai tertinggi sebesar 30%, yang dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.8 Desain campuran SCC (Patrisia, 2014)

Material	Desain Campuran			
	Mix1 (0% FA)	Mix2 (10% FA)	Mix2 (20% FA)	Mix2 (30% FA)
Agregat halus(kg/m ³)	823,0	819,0	816,0	812,0
Agregat kasar (kg/m ³)	715,0	711,0	708,0	795,0
Abu batu(kg/m ³)	179,0	178,0	177,0	176,0
Fly Ash(kg/m ³)	0,0	50,0	100,0	150,0
Semen (kg/m ³)	500,0	450,0	400,0	350,0
Air (kg/m ³)	205,0	205,0	205,0	201,0
Sika Viscocrete-10 (lt/m ³)	1,5	1,5	1,5	1,5
Berat total (kg/m ³)	2.423,5	2.414,5	2.407,5	2.485,5

Tabel 2.9 Hasil Pengujian Beton Segar (Patrisia, 2014)

Jenis Pengujian	Variasi FA			
	0%	10%	20%	30%
Slump Flow test (cm)	66,5	67,8	68,5	69,3
T_{500} (detik)	5,2	4,3	3,6	3,2
L-shape box (ratio)	0,915	0,923	0,9838	0,945

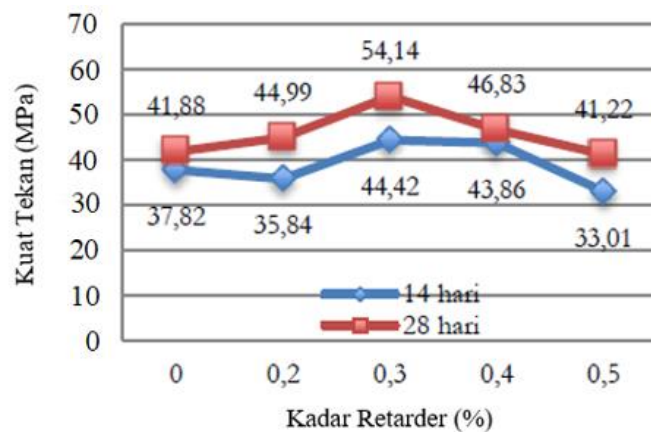
Tabel 2.10 Hasil Pengujian kuat tekan SCC umur 7 hari dan 28 hari (Patrisia, 2014)

No	Variasi Campuran (% Fly Ash)	Umur 7 hari		Umur 28 hari	
		Kuat Tekan MPa	Kuat Tekan Rata-rata MPa	Kuat Tekan MPa	Kuat Tekan Rata-rata MPa
1	0%	18,2	18,1	27,8	27,8
		17,9		26,5	
		18,1		29,1	
2	10%	20,7	20,9	29,5	30,9
		21,2		32,0	
		20,8		31,1	
3	15%	23,5	24,3	36,6	35,4
		24,6		34,8	
		24,9		34,8	
4	20%	26,4	26,8	37,9	38,5
		27,4		39,5	
		26,7		38,3	

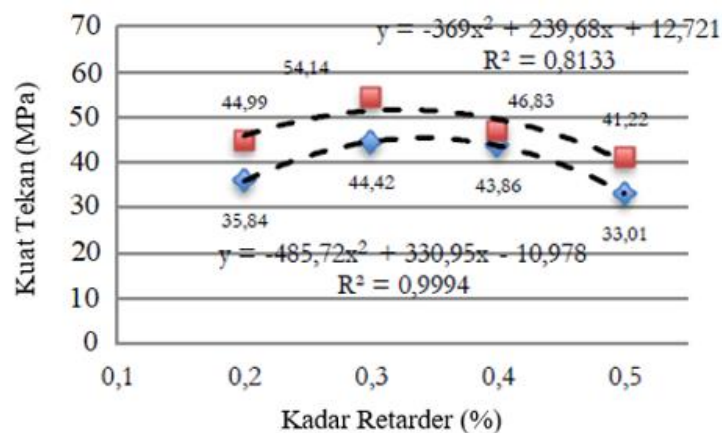
Sabrina dkk., (2017) melakukan penelitian tentang kajian pengaruh variasi penambahan bahan retarder terhadap parameter beton memadat mandiri dengan kuat tekan beton mutu tinggi. Untuk merubah sifat beton konvensional menjadi beton mutu tinggi yang memadat sendiri (*High Strength Self compacting Concrete*) diperlukan bahan campuran yaitu *superplasticizer* dan *retarder*. Penggunaan *superplasticizer* diantaranya dapat mengurangi kebutuhan air dalam campuran beton tanpa merubah konsistensi dari mutu beton yang dihasilkan, sedangkan *retarder* merupakan bahan kimia yang membantu memperlambat waktu pengikatan (*setting time*) sehingga campuran mudah dikerjakan (*workable*) dalam waktu yang lama. Retarder yang digunakan dalam penelitian adalah *plastiment VZ* karena merupakan bahan tambah yang dikategorikan tipe D (*water reducer and retarding admixture*). Penelitian mengacu pada peraturan EFNARC 2002, variasi yang digunakan *superplasticizer* sebesar 1,7% dan variasi untuk *retarder* sebesar 0,2%, 0,3%, 0,4%, 0,5%. Komposisi campuran variasi *retarder* setiap per m³ dilihat pada Tabel 2.11. Melalui penelitian ini diharapkan diketahui sifat dan manfaat dari *retarder* yang optimal dengan hubungan kuat tekan beton pada beton umur 14 hari dan beton umur 28 hari yang bisa dilihat pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7.

Tabel 2.11 Komposisi campuran variasi retarder per m³ (Sabrina dkk., 2017)

Nama Sampel	Kadar Retarder (%)	Semen OPC (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)	Superplasticizer (liter)	Retarder (liter)
SCC	0	696,03	703,528	784,77	187,93	11,11	0
SCCR0,2	0,2	694,08	703,528	784,77	187,4	11,08	1,18
SCCR0,3	0,3	693,11	703,528	784,77	187,14	11,06	1,76
SCCR0,4	0,4	692,14	703,528	784,77	186,88	11,05	2,35
SCCR0,5	0,5	691,17	703,528	784,77	186,62	11,03	2,93



Gambar 2.6 Hubungan kuat tekan beton pada beton umur 14 hari (Sabrina dkk., 2017)



Gambar 2.7 Hubungan kuat tekan beton pada beton umur 28 hari (Sabrina dkk., 2017)

Insiyroh dkk., (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh ukuran spesimen terhadap hubungan tegangan dan regangan pada beton *high volume fly ash self compacting concrete*. Penelitian ini menggunakan rancangan beton normal yang mengacu pada peraturan SNI 03-2834-2000 dan rancangan *mix design* HVFA-SCC mengacu pada EFNARC *specification and guidelines for self compacting concrete*, 2002. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan variasi ukuran 5 cm x 10 cm, 7,5 cm x 15 cm, 11 cm x 22 cm. Mix design HVFA-SCC dan beton normal dilihat pada Tabel 2.12. Berdasarkan penelitian ini kuat desak HVFA-SCC lebih rendah dari beton normal dengan penurunan sebesar 20%, menunjukkan bahwa perbedaan ukuran spesimen benda uji silinder dengan rasio perbandingan diameter dan tinggi yang tetap menghasilkan karakteristik hampir sama. Penambahan *fly ash* sebesar 50% menunjukkan bahwa HVFA menyerap dan menyebarkan energi yang lebih banyak saat pembebanan dibanding beton normal. Perbandingan, nilai tegangan dan regangan lateral dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.12 *Mix Design* HVFA-SCC dan Beton Normal (Insiyroh dkk., 2018)

Kode	Kadar <i>Fly Ash</i>	Semen (kg/m ³)	Fly Ash (kg/)	Kerikil (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Air (lt/m ³)	Sp(lt/m ³)
HVFA-SCC	50%	384,4	384,4	709,8	595,35	231	7,686
NORMAL	0%	750	-	782,42	566,58	231	-

Tabel 2.13 Perbandingan Besar Regangan Lateral pada Tegangan yang Sama (Insiyroh dkk., 2018)

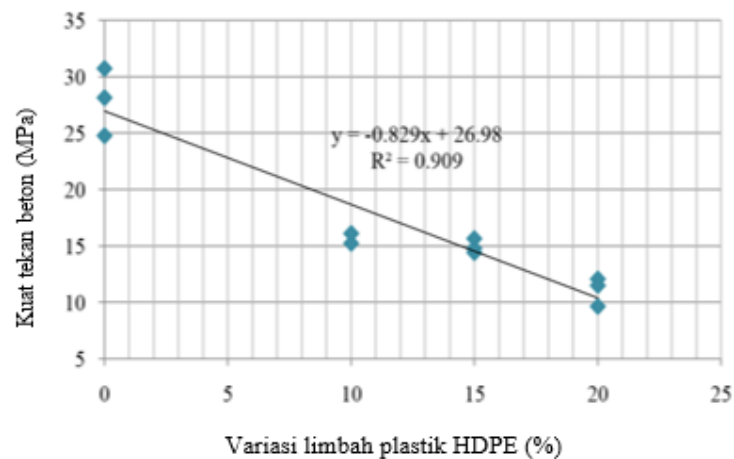
No	Nama Sampel	Tegangan (MPa)	Regangan Lateral	Rata-rata
1	HVFA 50 A	5	$3,94 \times 10^{-4}$	$2,23 \times 10^{-4}$
2	HVFA 50 A	5	$1,88 \times 10^{-4}$	
3	HVFA 50 A	5	$0,87 \times 10^{-4}$	
4	HVFA 75 A	5	$-0,42 \times 10^{-4}$	$-0,74 \times 10^{-4}$
5	HVFA 75 A	5	$-1,45 \times 10^{-4}$	
6	HVFA 75 A	5	$-0,36 \times 10^{-4}$	
7	HVFA 110 A	5	$2,60 \times 10^{-4}$	$2,04 \times 10^{-4}$
8	HVFA 110 A	5	$2,12 \times 10^{-4}$	
9	HVFA 110 A	5	$1,40 \times 10^{-4}$	

Andriawan dkk., (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh volume agregat halus terhadap sifat segar dan kuat tekan pada *high volume fly ash concrete* (HVFAC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh volume agregat halus terhadap karakteristik beton segar dan kuat tekan beton yang memiliki kandungan *fly ash* dalam volume tinggi. Pengujian beton segar dengan metode *Slump flowt, J-ringflow, J-box, Box type, dan V-funnel*, kemudian pengujian beton keras dilakukan pada umur 7 hari, 28 hari, 56 hari, 90 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan agregat halus pada variasi 40% berpengaruh pada sifat *flowability, passingability, fillingability*. Pada pengujian L-box pada variasi 40% semakin tinggi kadar agregat halus akan semakin tinggi energi yang dihasilkan untuk mendorong campuran beton agar mengalir lebih besar, seperti ditunjukkan pengujian L-box memiliki nilai t_{200} sebesar 6,88 detik dan t_{400} sebesar 23,89 detik. Sehingga kuat tekan yang optimal yaitu pada variasi agregat halus 30% dengan nilai kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 31,1124 Mpa, pada umur 28 hari sebesar 29,801 Mpa, pada umur 56 hari sebesar 58,946 Mpa, pada umur 90 hari sebesar 67,340 Mpa. Menurut SNI 03-2847-2002 dikategorikan memenuhi syarat beton struktur apabila kuat tekan beton mempunyai nilai yang sama atau lebih dari 20 Mpa pada umur 90 hari. Hasil kuat tekan variasi agregat halus 30%, 32,5%, 37,5%, dan 40% menunjukkan bahwa memenuhi syarat beton struktur. Hasil pengujian kuat tekan HVFAC dilihat pada Tabel 2.14.

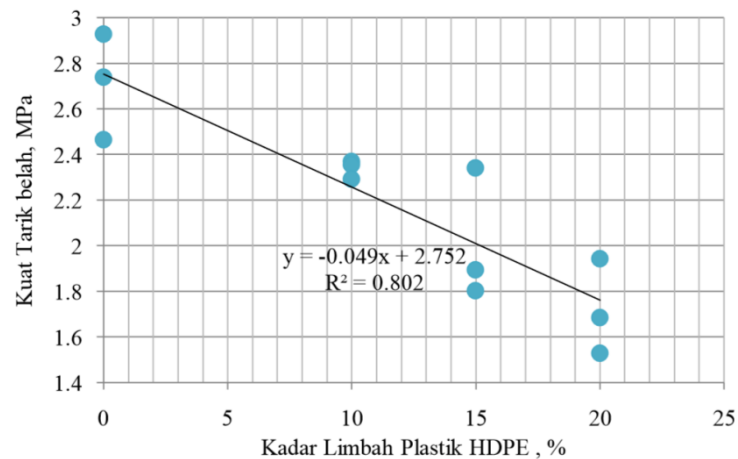
Tabel 2.14 Hasil pengujian kuat tekan HVFAC (Andriawan dkk., 2014)

Kode	Variasi Agregat halus (%)	Kuat tekan umur (f_c)			
		7 hari (MPa)	28 hari (MPa)	56 hari (MPa)	90 hari (MPa)
FA 30	35%	31,124	39,801	58,946	67,34
FA 32,5	50%	23,107	48,666	47,629	61,878
FA 37,5	55%	16,599	29,803	26,785	61,304
FA 40	60%	15,656	33,199	53,193	61,304

Soebandono dkk., (2013) melakukan penelitian tentang perilaku kuat tekan dan kuat tarik beton campuran limbah plastic HDPE. Penelitian ini menggunakan 4 variasi campuran agregat limbah plastic HDPE sebesar 0% untuk beton normal, 10%, 15%, dan 20%. Pengujian menggunakan masing-masing 6 benda uji, 3 benda uji untuk uji kuat tekan dan 3 benda uji lagi untuk uji kuat tarik belah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik belah beton dengan campuran limbah plastic HDPE sebagai pengganti sebagian agregat kasar. Hasil dari pengujian didapat bahwa nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik belah semakin menurun dengan bertambahnya kadar limbah plastic HDPE. Kuat tekan rata-rata untuk campuran agregat limbah plastik HDPE 0% sebesar 27,88 MPa, kadar 10% sebesar 15,67 MPa, kadar 15% sebesar 14,96 MPa, dan kadar 20% sebesar 11,08 MPa. Kemudian nilai kuat tarik belah rata-rata untuk campuran agregat limbah plastik HDPE 0% sebesar 2,71 MPa, kadar 10% sebesar 2,34 MPa, kadar 15% sebesar 2,01 MPa, da kadar 20% sebesar 1,72 MPa. Hubungan antara kuat tekan rata-rata dengan persentasi variasi limbah plastik dilihat pada Gambar 2.8 dan hubungan antara kuat tarik rata-rata denga persentasi variasi limbah plastik dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.8 Hubungan antara kuat tekan beton dan variasi limbah plastic HDPE (Soebandono dkk., 2013)



Gambar 2.9 Hubungan antara kuat tarik beton dan variasi limbah plastic HDPE (Soebandono dkk., 2013)

Nuklirullah, (2017) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan serat goni terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik beton dengan penambahan serat goni. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Benda uji yang digunakan 6 buah dengan ukuran 15cm x 30cm, masing-masing 3 benda uji untuk uji tekan dan 3 benda uji digunakan untuk uji tarik belah. Variasi serat yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0%, 1%, dan 3%. Diketahui bahwa nilai *slump* menurun seiring dengan penambahan kadar persentase serat goni. Hasil dari pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 2.15. Kemudian hasil kuat tekan dan kuat tarik dengan penambahan serat goni menunjukkan bahwa masing-masing nilai dari kuat tekan dan kuat tarik mengalami penurunan dengan adanya penambahan serat goni. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran serat goni dapat dilihat pada Tabel 2.16, sedangkan hasil pengujian kuat tarik beton dengan campuran serat goni dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.15 Nilai *slump* rata-rata benda uji (Nuklirullah, 2017)

Kode benda uji	Kadar serat (%)	Nilai slump rata-rata (cm)
BN	0%	16,0
BG1	1%	8,3
BG3	3%	4,3

Tabel 2.16 Nilai kuat tekan rata-rata beton (Nuklirullah, 2017)

Kode benda uji	Jenis	Umur	Kuat tekan rata-rata (MPa)
BN	Silinder	28 hari	25,76
BG1	Silinder	28 hari	19,82
BG3	Silinder	28 hari	18,12

Tabel 2.17 Nilai kuat tarik rata-rata beton (Nuklirullah, 2017)

Kode benda uji	Kadar serat	Kuat tarik rata-rata (MPa)
BN	0%	2,78
BG1	1%	2,59
BG3	3%	2,12

2.1.5. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Penelitian ini akan meneliti tentang kuat tarik belah beton *self compacting concrete* dengan bahan tambah abu sekam padi sebagai pengganti sebagian agregat halus. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya perbedaan ukuran agregat, fas yang digunakan, dan bahan tambah yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan nilai fas 0,42 dengan *superplasticizer* 1% dan *silica fume* 5% dari berat semen, dengan variasi campuran abu sekam padi 20%, 40%, dan 60% agregat halus. *Superplasticizer* yang digunakan pada penelitian ini adalah *sika visocrete 1003* khusus sebagai *water reduce*.

Tabel 2.18 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang yang dilakukan

No	Penelitian	Jenis Penelitian	Perbedaan penelitian	
			Terdahulu	Sekarang
1	Pengaruh penggunaan serat <i>high density polyethylene</i> (HDPE) pada campuran beton terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton (Rommel dkk., 2014)	Pengujian lab	Benda uji yang digunakan beton normal dengan penambahan serat HDPE dengan kadar serat 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8% ,9%, dan 10% dari volume campuran.	Benda uji yang digunakan yaitu <i>Self compacting concrete</i> (SCC) dengan bahan tambah <i>silica fume</i> 5% dari berat semen dan abu sekam padi dengan kadar 20, 40, 60 dari berat agregat halus.

Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang yang dilakukan (lanjutan)

2	Pengaruh bahan tambah serbuk batu bata dan serat fiber pada <i>self compacting concrete</i> (SCC) (Safarizki, 2017)	Pengujian lab	Pengujian kuat tarik dilakukan pada umur beton 28 hari. Benda uji dibuat 3 variasi campuran, yaitu beton normal tanpa bahan tambah, campuran beton dengan bahan tambah serbuk batu bata 2,78% fiber 0,07% dan campuran beton dengan bahan tambah serbuk batu bata 2,78% dan fiber 0,55% ditambahkan <i>adimixture master</i> 10% dari jumlah air yang digunakan pada campuran beton tersebut.	Pengujian kuat tarik beton dilakukan pada umur beton 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Dibuat benda uji campuran abu sekam padi 20%, 40%, 60% dari berat agregat halus, ditambahkan <i>silica fume</i> 5, dan <i>admixture superplasticizer</i> 1%, dari berat semen pada benda uji beton
3	Perilaku kuat tekan dan kuat tarik beton campuran limbah plastik HDPE (Soebandono dkk., 2013)	Pengujian lab	Digunakan 4 variasi campuran pada limbah HDPE untuk beton normal 0%, 10%, 15%, 20% untuk uji kuat tekan dan kuat tarik.	Digunakan bahan tambah <i>silica fume</i> dan abu sekam padi dengan variasi campuran 20%, 40%, 60%. Hanya dilakukan pengujian kuat tarik beton.

Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang yang dilakukan (lanjutan)

4	Pengaruh penambahan serat goni terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton (Nuklirullah, 2017)	Pengujian lab	Digunakan bahan tambah berupa serat goni dengan kadar variasi 0%, 1%, dan 3%. pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton	Digunakan bahan tambah <i>silica fume</i> dengan kadar 5%, dari berat semen. Pengujian dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Hanya dilakukan pengujian kuat tarik beton.
---	---------------------------------------------------------------------------------------------	---------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Pada penelitian ini terdapat perbedaan komposisi material dari penelitian terdahulu dan sekarang, mengenai beton serta *self compacting concrete* (SCC). Jadi penelitian ini dengan judul “Kuat Tarik *Self Compacting Concrete* Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus” ini, menurut pengetahuan penulis, dijamin keasliannya dan belum pernah diteliti oleh peneliti terdahulu.

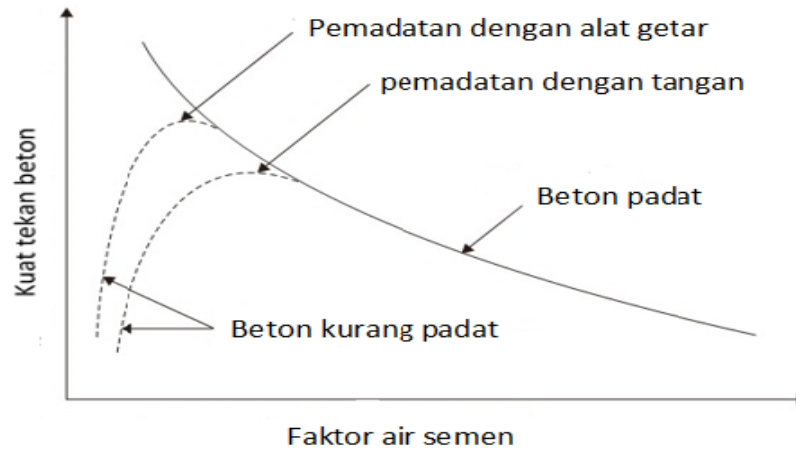
2.2. Landasan Teori

Suatu penelitian membutuhkan pedoman berupa landasan teori yang berkaitan dengan penelitian tersebut, adapun hal-hal yang berkaitan dengan penelitian sebagai berikut ini.

2.2.1. Beton

Bahan bangunan yang banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi adalah beton. Beton diperoleh dengan cara pencampuran semen, agregat kasar, agregat halus, dan air, sering kali ditambahkan bahan kimia, bahan buang non kimia dan serat dengan variasi campuran tertentu. Campuran bahan-bahan tersebut apabila dituangkan kedalam suatu cetakan maka akan mengeras seperti batu. Seiring berjalannya waktu, campuran tersebut akan mengeras. Pengerasan terjadi karena adanya reaksi kimia antara semen dan air. Beton yang sudah mengeras bisa disebut juga sebagai batu tiruan, dengan adanya rongga-rongga antara agregat kasar yang diisi oleh agregat halus, sedangkan pori-pori antara agregat halus diisi oleh campuran semen dan air yang disebut dengan istilah pasta

semen. Selain berfungsi sebagai pengisi antara pori-pori pada agregat halus, pasta semen juga berfungsi sebagai pengikat antara agregat supaya kuat dan terbentuklah suatu massa yang padat, (Tjokrodinuljo, 1992).



Gambar 2.10 Hubungan antara kuat tekan beton dan faktor air semen

2.2.2. Bahan-Bahan Penyusun Beton

Terdapat material-material yang digunakan dalam menyusun campuran beton, yaitu sebagai berikut ini.

1. Semen

Bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembuatan beton yaitu semen, dan jenis semen yang paling banyak digunakan adalah semen portland. Menurut BSN (1985) definisi dari semen portland semen hidrolik yang didapat dari menggiling klinker yang tersusun dari kalsium silikat hidrolik, yang kebanyakan mengandung satu bahkan lebih berupa kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang dibuat bersamaan dengan bahan pokoknya. Jenis-jenis semen bias dibedakan melalui kandungan kimianya maupaun kehalusan butirannya. Perbandingan utama bahan-bahan semen portland tersusun dari kapur (CaO) 60%-65%, alumina (Al_2O_3) serta oksidasi besi (Fe_2O_3) sekitar 7%-12% dan silika (SiO_2) sekitar 20%-25%, bahan-bahan tersebut merupakan bahan utama penyusun semen. Sedangkan secara garis besar semen portland tersusun dari empat senyawa yaitu trikalsium silikat (C_3S), dikalsium silikat (C_2S), trikalsium aluminat (C_3A), dan tetrakalsium

aluminoferrit (C_4AF), bagian-bagian yang paling dominan memberikan sifat semen adalah C_3S dan C_2S yaitu 70%-80%.

BSN (1990) membagi semen portland menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut ini.

- a. Tipe 1, semen portland tidak membutuhkan syarat-syarat khusus seperti jenis-jenis tipe yang lainnya dalam penggunaannya.
- b. Tipe 2, semen portland membutuhkan ketahanan terhadap panas hidrasi sedang dan sulfat dalam penggunaannya.
- c. Tipe 3, semen portland membutuhkan kuat awal yang tinggi setelah pengikatan beton terjadi dalam penggunaannya.
- d. Tipe 4, semen portland memerlukan panas hidrasi rendah dalam penggunaannya.
- e. Tipe 5, semen memerlukan ketahanan yang terhadap sulfat dalam penggunaannya.

2. Air

Air merupakan bahan yang dasar dalam pembuatan suatu beton dengan harga paling murah, fungsi dari air yaitu bereaksi dengan semen dan melumasi antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan. Pada umumnya penggunaan air dalam pembuatan beton adalah air yang dimana digunakan dalam pencampuran beton akan menghasilkan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang menggunakan air suling. Secara umum apabila air memenuhi syarat untuk air minum, maka memenuhi juga untuk campuran beton. Dalam penggunaan air untuk pencampuran beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut ini.

- a. Air tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
- b. Air tidak terdapat kandungan garam, asam, zat organik, dan sebagainya yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.
- c. Air tidak ada kandungan klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Air tidak tercampur oleh senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3. Agregat Halus

Agregat halus adalah salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan beton yang berupa pasir, agregat ini terdiri dari butiran-butiran yang keras, tajam, kuat dan memiliki ukuran antara 0,075 mm sampai 5 mm. Pasir yang digunakan dalam pembuatan beton harus memiliki syarat yang terdapat pada BSN (1989) sebagai berikut ini.

- a. Butiran yang dimiliki keras, kuat dan tajam.
- b. Sifat yang dimiliki tidak pecah karena pengaruh cuaca, kekal.
- c. Syarat sifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat, hasilnya sebagai berikut:
 1. apabila menggunakan natrium sulfat, bagian yang hancur maksimal 12%, dan
 2. apabila menggunakan magnesium sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%.
- d. Lumpur yang dimiliki dengan kandungan kurang dari 5%, jika lebih dari 5% maka agregat halus harus dicuci terlebih dahulu.
- e. Agregat halus tidak memiliki kandungan zat organik, dapat berpengaruh pada mutu beton.
- f. Gradasi butiran yang dimiliki baik dan modulus kehalusan antara 1,5-3,8. masuk pada salah satu daerah zona 1, 2, 3, dan 4 jika dilakukan pengayakan sesuai dengan urutan ayakan yang telah ditentukan sehingga memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 1. sisa pasir diatas ayakan ukuran 4,8 mm, maksimal 2% dari berat,
 2. sisa pasir diatas ayakan ukuran 1,2 mm, maksimal 10% dari berat, dan
 3. sisa pasir diatas ayakan ukuran 0,30 mm, maksimal 15% dari berat.
- g. Tidak memiliki kandungan garam.

Sebelum melakukan tahap pembuatan beton, dilakukan pengujian agregat terlebih dahulu, tahap-tahap pengujian agregat halus sebagai berikut ini.

1. Pengujian Gradasi Agregat Halus

Pada pengujian gradasi menggunakan analisis saringan dengan mengacu pada langkah-langkah BSN (1990).

Tabel 2.21 Analisa saringan berdasarkan BSN (1990)

Lubang (mm)	% Berat Butir Lolos Saringan			
	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	35-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

Daerah gradasi 1 = pasir kasar,

Daerah gradasi 2 = pasir agak keras,

Daerah gradasi 3 = pasir halus, dan

Daerah gradasi 4 = pasir agak halus.

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian dilakukan dengan mengacu pada BSN (1990), dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

$$\text{a) Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B+500-Bt} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{b) Berat jenis jenuh kering muka} = \frac{500}{B+500-Bt} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{c) Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{d) Penyerapan} = \frac{500}{B+500-Bt} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

Bk = berat benda uji kering oven (gram),

B = berat piknometer berisi air (gram),

Bt = berat piknometer berisi benda uji dan air (gram), dan

500 = berat benda uji dalam keadaan jenuh kering muka (gram).

3. Pengujian berat satuan agregat halus

Pengujian berat satuan dilakukan mengacu pada BSN (1998), dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

$$M = \frac{(G-T)}{V} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

M = berat isi agregat dalam kondisi kering oven (kg/m³),

G = berat agregat dan penakar (kg),

T = berat Penakar (Kg), dan

V = volume penakar (m³).

4. Pengujian kadar lumpur agregat halus

Pengujian dan perhitungan kadar lumpur dilakukan dengan mengacu pada SK SNI S-04-1989-F, dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

$$KL = \frac{(B1-B2)}{B1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

KL = kadar lumpur (%),

B1 = pasir jenuh kering muka (gram), dan

B2 = pasir kering oven (gram).

4. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan salah satu bahan dalam pembuatan beton yang berupa batu-batu pecah yang biasa disebut dengan istilah split dan kerikil dengan ukuran lebih besar dari 4,80 mm. Agregat yang memiliki ukuran 4,80 mm dibagi lagi menjadi dua yaitu dengan ukuran antara 4,80-40 mm disebut kerikil beton dan yang lebih besar dari ukuran 40 mm disebut kerikil kasar. Agregat yang baik adalah tidak berpori, tidak mudah rapuh dan bersih dan kuat terhadap kondisi cuaca. Dalam agregat kasar terdapat beberapa pengujian, tahap pengujian agregat kasar sebagai berikut ini.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pengujian dilakukan dengan mengacu pada BSN (1990), dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

$$a) \text{ Berat jenis curah} = \frac{Bk}{Bj-Ba} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$b) \text{ Berat jenis jenuh kering muka} = \frac{Bj}{Bj-Ba} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$c) \text{ Berat jenis tampak} = \frac{Bk}{Bk-Ba} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$d) \text{ Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

B_k = berat benda uji kering oven (gram),

B_a = berat benda uji dibawah air (gram), dan

B_j = berat benda uji dalam keadaan jenuh kering muka (gram).

2. Pengujian berat satuan agregat kasar

Pengujian berat satuan dilakukan dengan mengacu pada BSN (1998), dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

$$M = \frac{(G-T)}{V} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

M = berat isi agregat dalam kondisi kering oven (kg/m³),

G = berat agregat dan penakar (kg),

T = berat Penakar (Kg), dan

V = volume penakar (m³).

3. Pengujian kadar lumpur agregat kasar

Pengujian dan perhitungan kadar lumpur dilakukan dengan mengacu pada BSN (1989), dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

$$KL = \frac{(B_1 - B_2)}{B_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

KL = kadar Lumpur (%),

B_1 = pasir jenuh kering muka (gram), dan

B_2 = pasir kering oven (gram).

2.2.3. *Self Compacting Concrete* (SCC)

Beton *self compacting concrete* (SCC) merupakan beton yang dapat mengalir dan memadat dengan berat sendirinya, beton *self compacting concrete* (SCC) ini bisa mempercepat dan mempermudah pengecoran suatu pekerjaan konstruksi karena sedikit membutuhkan alat bantu vibrator untuk meratakannya, bahkan tidak perlu menggunakan alat tersebut. Beton *self compacting concrete* sendiri merupakan suatu pengembangan dari beton konvensional dan memiliki kandungan yang sama, tetapi beton *self compacting concrete* ini memiliki bahan

tambah berupa *superplasticizer* dan suatu bahan yang mengandung pozzolan agar beton tersebut bisa mengalir dengan berat sendirinya. Pengujian beton segar *self compacting concrete* dilakukan berdasarkan pada standar eropa yang ditetapkan oleh *European Federation Of National Associations Representing for Concrete* (EFNARC), pengujian tersebut untuk mengetahui spesifikasi, kualitas dan *workability* dalam pengerjaan beton tersebut. Pengujian yang dilakukan pada beton segar *self compacting concrete* antara lain *Slump flow test*, *J-Ring test*, *V-funnel test* dan *L-Box test*. Batas-batas nilai metode test dapat dilihat pada Tabel 2.22.

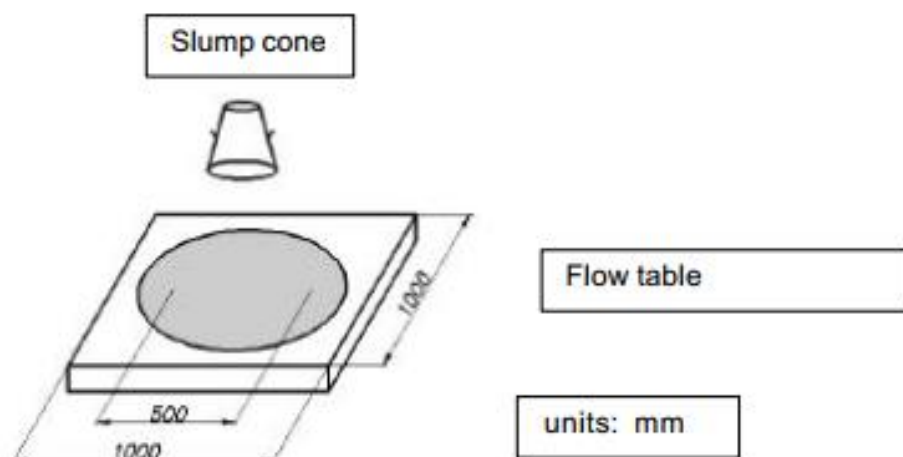
Tabel 2.22 Batas-batas nilai metode test (EFNARC, 2005)

<i>Property</i>	<i>Criteria</i>
<i>Slump-flow class SF1</i>	550 mm to 650 mm
<i>Slump-flow class SF2</i>	660 mm to 750 mm
<i>Slump-flow class SF3</i>	760 mm to 850 mm
<i>V-funnel class VF1, V-funnel class VF2</i>	≤ 8 s, 9 s to 25 s
<i>L-Box class PA1</i>	$\geq 0,80$ with 2 rebars
<i>L-Box class PA2</i>	$\geq 0,80$ with 3 rebars

Beberapa pengujian beton segar *self compacting concrete* yaitu sebagai berikut :

1. Pengujian *Slump Flow Abrams*

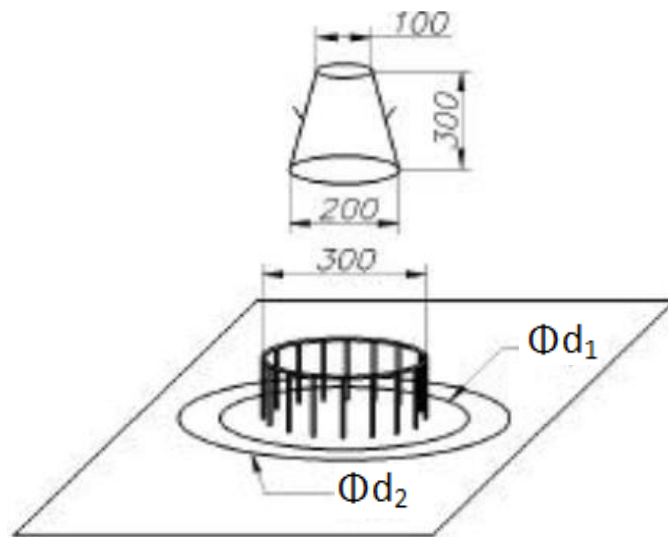
Metode pengujian *slump flow* dilakukan untuk mengetahui kemampuan aliran beton segar (*flowability*). Pengujian tersebut menggunakan meja sebar dan kerucut *Abrams*, dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Meja sebar dan kerucut *Abrams* (EFNARC, 2002)

2. Pengujian *J-Ring*

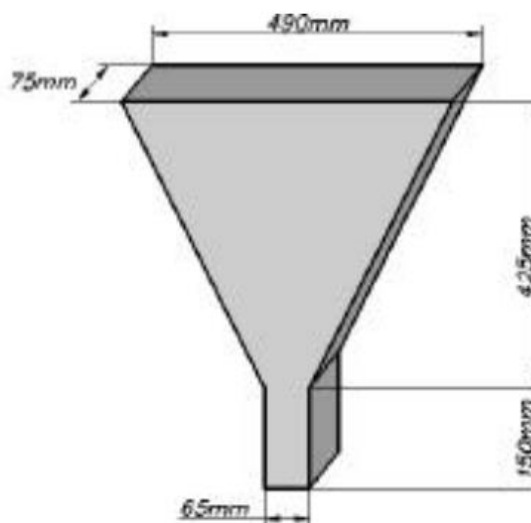
Metode pengujian *J-Ring* dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton segar mengalir (*flowability*) melewati celah-celah antar tulangan (*passing ability*), alat yang digunakan pada pengujian ini yaitu meja sebar, kerucut *Abrams* dan *J-Ring*, alat-alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Meja sebar, *J-Ring* dan kerucut *Abrams* (EFNARC, 2002)

3. Pengujian *V-funnel*

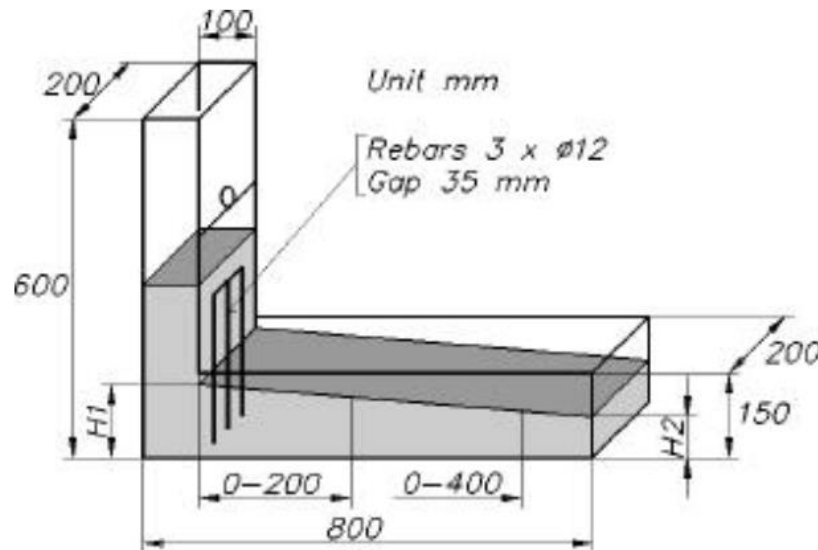
Metode pengujian *V-funnel* dilakukan untuk mengetahui stabilitas dengan satuan waktu (s) dan kemampuan beton segar terhadap *filling ability*, pengujian tersebut menggunakan alat corong V dan *stopwatch* (Gambar 2.9).



Gambar 2.13 Corong V (EFNARC, 2002)

4. Pengujian *L-Box*

Metode pengujian *L-Box* bertujuan untuk mengetahui kemampuan beton segar terhadap *flowability* dan ketahanan terhadap segregasi, pengujian ini menggunakan alat *L-Box*, dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 *L-Box* (EFNARC, 2002)

2.2.4. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi (ASP) merupakan limbah hasil pembakaran sekam padi yang pada umumnya digunakan pada pembakaran bata merah, limbah tersebut salah satu bahan tambahan alternatif yang mempunyai sifat pozzolanic. Abu sekam padi mempunyai sifat yang hampir sama dengan *silica fume*. Pada penelitian terdahulu abu sekam padi ini merupakan bahan alternatif untuk mengurangi penggunaan semen pada pembuatan beton, sehingga dapat mengurangi pencemaran udara yang dihasilkan dari industri pabrik semen. Perbandingan kandungan abu sekam padi, OPC (*ordinary portland cement*) dan CSF (*condensed silica fume*) dapat dilihat pada Tabel 2.23.

Tabel 2.23 Perbandingan kandungan kimia ASP, OPC dan CSF
(Majuar, 2004 dalam musbar dkk., 2010)

Oxide (%)	ASP	OPC	CSF
Silicon dioxide (SiO ₂)	88,82	20,99	92,06
Aluminium Trioxide (Al ₂ O ₃)	0,46	6,19	0,48
Ferric Oxide (Fe ₂ O ₃)	0,67	3,86	2,11

Perbandingan kandungan kimia ASP, OPC dan CSF
(Majuar, 2004 dalam musbar dkk., 2010) (lanjutan)

Calcium Oxide (CaO)	0,67	65,96	0,4
Magnesium Oxide (MgO)	0,44	0,2	0,63
Sodium Oxide (Na ₂ O)	0,12	0,17	0,28
Potassium Oxide (K ₂ O)	2,91	0,6	1,24
Phosphorus Oxide (P ₂ O ₅)	1,00	0,05	0,02
Titanium Oxide (TiO ₂)	0,02	0,4	0,01
Manganese Oxide (MnO)	0,08	0,06	0,23
Loss on Ignition	4,81	1,53	2,54

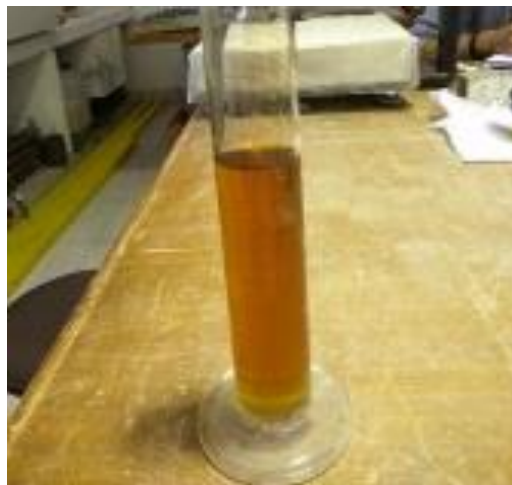


Gambar 2.14 Abu sekam padi

2.2.5. *Superplasticizer* (Sika Viscocrete-1003)

Bahan kimia tambahan untuk membuat beton *self compacting concrete* pada umumnya yaitu *superplasticizer*. Tujuan dari penambahan bahan kimia ini adalah untuk meningkatkan workabilitas dari beton segar, mendispersikan semen sehingga semen dapat menyebar lebih baik serta untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari campuran beton lunak dan keras. *Superplasticizer* berfungsi sebagai penambah kelecakan beton, mengurangi penggunaan air sampai 30% dan menambah kuat tekan. Pengujian ini menggunakan *superplasticizer* dari produk Sika *Viscocrete-1003* yang dapat dilihat pada Gambar 2.12. Menurut standar BSN (1995) dan pedoman beton BSN (1989) (Ulasan BSN 1989) dalam Mulyono, (2003) jenis bahan tambah kimia dibagi menjadi tujuh, ketujuh bahan tambah kimia tersebut mempunyai fungsi masing-masing. Definisi dan jenis bahan tambah kimia ini sebagai berikut ini.

1. Tipe A *water reducing admixtures*, berfungsi untuk mengurangi air pencampur yang diperlukan dalam membuat beton dengan konsistensi tertentu.
2. Tipe B *retarding admixtures*, berfungsi untuk menghambat atau menunda (setting time) pengikatan beton.
3. Tipe C *accelerating admixtures*, berfungsi sebagai pengembangan kekuatan awal beton dan mempercepat pengikatan.
4. Tipe D *water reducing and retarding admixtures*, berfungsi untuk menghambat pengikatan awal dan mengurangi jumlah air pencampur pada pembuatan beton dengan konsistensi tertentu.
5. Tipe E *water reducing and accelerating admixtures*, berfungsi untuk mempercepat pengikatan awal dan mengurangi jumlah air pencampur pada pembuatan beton dengan konsistensi tertentu.
6. Tipe F *water reducing high range admixtures*, berfungsi mengurangi jumlah air pencampur dalam pembuatan beton dengan konsistensi tertentu sebesar 12% atau lebih.
7. Tipe G *water reducing high range retarding admixtures*, berfungsi untuk menghambat pengikatan beton dan mengurangi jumlah air pencampur pada pembuata beton dengan kosistensi tertentu sebesar 12% atau lebih.



Gambar 2.15 Sika *Viscocrete-1003*

2.2.6. Silica Fume

Menurut standar “*Spesification for silica fume for use in hydraulic cemen concrete and mortar*” BSN (1995) dalam Mulyono, (2003) *silica fume* merupakan material pozzollan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau *alloy* besi silikon yang lebih dikenal sebagai gabungan antara microsilika dengan *silica fume*. Bahan tambah *silica fume* (Gambar 2.13) berguna untuk menghasilkan beton dengan kekuatan yang tinggi. Beton tersebut digunakan sebagai kolom struktur, beton pra-tegang, dinding geser dan beberapa keperluan lainnya. Kriteria beton dengan kekuatan tinggi saat ini sekitar 50-70 MPa pada umur 28 hari.



Gambar 2.16 *silica fume*

2.2.7. Kuat Tarik Beton

Pengujian kuat tarik beton dilakukan dengan mengacu pada BSN (2002). Pengujian kuat tarik pada penelitian ini dilakukan pada umur 3, 7 dan 28 hari. Sebelum diuji tarik, beton akan direndam selama jangka waktu pengujian kuat tarik, proses tersebut dinamakan dengan curing. Dari hasil pengujian kuat tarik, maka akan didapatkan nilai kuat tarik beton dengan perhitungan sebagai berikut ini.

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{2P}{\pi DL} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan :

P = beban Maksimum (N),

L = panjang Benda uji silinder (mm), dan

D = diameter benda uji silinder (mm).

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tarik beton yaitu Faktor Air Semen (FAS) dikarenakan jika penggunaan FAS yang tinggi, maka akan menurunkan kuat tarik beton. Faktor lain yang mempengaruhi kuat tarik beton yaitu sifat dan proporsi campuran dari material yang digunakan.

