

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian-penelitian terdahulu terkait dengan analisis kuat tekan beton *Self Compacting Concrete* diantaranya sebagai berikut ini.

1. Studi Pengaruh Serat *Polypropylene* (PP) Terhadap Kekuatan Beton SCC (Akkas dkk., 2013).
2. Pengaruh Campuran *Polyethylene Terephthalate* Terhadap Kuat Tekan Beton Mempat Sendiri (Hayu, 2016).
3. Perancangan Beton *Self Compacting Concrete* (Beton Memadat Sendiri) dengan Penambahan *Fly Ash* dan *Structuro* (Rusyandi dkk., 2012).
4. Pemanfaatan Limbah Kaca dan Abu Sekam Padi Sebagai *Powder* Pada *Self Compacting Concrete* (Beton Memadat Sendiri) (Marhendi dan Yusuf, 2016).
5. Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai *Powder* pada *Self Compacting Concrete* (Herbudiman dan Januar, 2011).
6. Efek Penambahan Serat *Polypropylene* Terhadap Daya Lekat dan Kuat Lentur pada Rehabilitasi Struktur Beton Dengan *Self Compacting Repair Mortar* (SCRM) (Santosa dan Widodo, 2010).
7. Penggunaan Serat *Polypropylene* untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton (Kartini, 2007).
8. Pengaruh Perubahan Ukuran Maksimum Agregat Kasar Terhadap Jumlah Semen untuk Pembuatan Beton SCC dengan Bahan Tambah SP430 dan RP260 (Amiruddin dkk., 2014).
9. Kajian Pengaruh Variasi Komposisi Metakaolin Terhadap Parameter Beton Memadat Sendiri dan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi (Dharmawan dkk., 2017).
10. Penelitian Mengenai Peningkatan Kekuatan Awal Beton Pada *Self Compacting Concrete* (Sugiharto dkk., 2006)

Berdasarkan penelitian terdahulu maka penelitian mengenai pengaruh penambahan kaolin dan varisai serat *polypropylene* (PP) pada kuat tekan beton *self compacting concrete* belum pernah dilakukan sehingga penelitian ini masih terjamin keasliannya.

### **2.1.1. Penelitian Terdahulu Tentang Agregat Halus**

Rusyandi dkk. (2012) melakukan penelitian tentang perancangan beton *self compacting concrete* (beton memadat sendiri) dengan penambahan *fly ash* dan *structure*. Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan batasan-batasan yang harus dicapai suatu vairan beton untuk kriteria *self compacting concrete* (SCC). Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menguji benda uji beton berbentuk silinder pada umur 3, 7 dan 14 hari. Benda uji silinder beton berupa beton dengan campuran beton dengan penambahan pozzolan (*fly ash*) sebesar 8%, campuran beton dengan penambahan *superplasticizer Ex. Structuro* 0,3%. Pada setiap variasi digunakan tiga buah benda uji dan dalam perhitungan digunakan kuat tekan rata-rata. Berdasarkan percobaan dan pengujian yang dilakukan dalam beton SCC ini dapat disimpulkan sebagai berikut, penggunaan *fly ash* sebesar 20% ternyata dapat digunakan sebagai *Filler* atau bahan pengganti semen dalam pembuatan rancangan beton *self compacting concrete*, penggunaan *admixture Structuro* dalam batas nilai tertentu sangat dominan pengaruhnya terhadap *workability* campuran beton SCC maupun kekuatan dan mutu beton yang dihasilkan, sifat *water reducer* yang tinggi pada *Structuro* dapat menjaga nilai faktor air semen tetap rendah dengan tidak mengurangi *workabilitas* campuran beton yang diharapkan dan penggunaan *Structuro* diatas 2,5% hendaknya dihindari karena selain penambahan dosis tersebut tidak efektif terhadap kemampuan mereduksi airnya semakin kecil juga akan timbul efek-efek negatif yang tidak diharapkan yaitu *segregation* dan *bleeding*.

Marhendi dan Yusuf (2016) melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah kaca dan abu sekam padi sebagai *powder* pada *self compacting concrete* (beton memadat sendiri). Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui bagaimana kekuatan beton SCC dengan memanfaatkan limbah kaca dan abu sekam padi berbentuk *powder* sebagai pengganti semen sebanyak 10% (5%

limbah kaca dan 5% abu sekam) dalam campuran beton, dan pengujian dilakukan pada umur beton 1 hari. Hasil dari pengujian kuat tekan beton setelah berusia 1 hari dapat dilihat pada Tabel. 2.1 Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa karakteristik kuat tekan tekan tinggi di awal dengan kuat tekan rata-rata 15,02 MPa dalam umur 1 hari dan juga baik dengan nilai *slump flow* mencapai 770 mm, sehingga beton inovasi ini masih masuk kedalam karakteristik beton SCC. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa serbuk limbah kaca dan abu sekam dapat menjadi inovasi material pengganti sebagian semen, namun dengan memperhatikan proporsi penambahan material tersebut.

Tabel 2.1 Hasil pengujian kuat tekan beton (Marhendi dan Yusuf, 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

Herbudiman dan Januar (2011) melakukan penelitian tentang Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai *Powder* pada *Self Compacting Concrete*. Penelitian ini bertujuan mengetahui manfaat dari penggunaan serbuk kaca pada beton SCC. Penelitian ini menggunakan varisai serbuk kaca sebesar 0%, 10%, 20%, 30% sebagai pengganti semen terhadap pengujian *slump flow*, kuat tekan, dan kuat tarik belah. Serbuk kaca yang digunakan yaitu yang lolos saringan No.200, saringan No.100 tertahan saringan No.200, lolos saringan No.50 tertahan saringan No.100 dan gabungan dari ketiga saringan tersebut dengan masing-masing sepertiga bagian terhadap sifat mekanis beton. Benda uji pada penelitian ini menggunakan cetakan silinder diameter 100mm dan tinggi 200mm dengan jumlah enam silinder per-varisai. Pada umur 1 hari beton dibuka dari cetakan dan direndam hingga diuji pada umur 28 hari. Data hasil pengujian serbuk kaca dapat dilihat pada Tabel 2.2 yang menunjukan pengaruh substitusi parsial serbuk kaca sebagai pengganti semen dan Tabel 2.3 menunjukan pengaruh ukuran serbuk kaca yang lolos saringan.

Tabel. 2.2 Pengaruh substitusi serbuk kaca terhadap *slump flow*, kuat tekan, dan kuat tarik belah (Herbudiman dan Januar, 2011)

Trail Mix Design	Kadar Kaca	Slump Spread (cm)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Peningkatan /Penurunan Kuat Tekan	Kuat Tarik Belah Beton (MPa)	Peningkatan /Penurunan Kuat Tarik Belah
I	0%	60	48,92	-	3,89	-
II	10%	50	49,08	+ 0,33%	4,08	+ 4,88%
III	20%	32	41,75	- 14,66%	3,21	- 17,48%
IV	30%	30	32,23	- 34,12%	2,75	- 29,31%

Tabel. 2.3 Pengaruh ukuran serbuk kaca terhadap sifat mekanis beton (Herbudiman dan Januar 2011)

Trail Mix Design	Ukuran Kaca	Slump Spread (cm)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Kuat Tarik Belah Beton (MPa)
I	Gabungan	50	49,08	4,08
II	L 200	54	45,99	3,26
III	L 100, T 200	50	45,405	3,30
IV	L 50, T 100	42	46,015	3,37

### 2.1.2. Penelitian Terdahulu Tentang Agregat Kasar

Amiruddin dkk. (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh perubahan ukuran maksimum agregat kasar terhadap jumlah semen untuk pembuatan beton SCC dengan bahan tambah SP430 dan RP260. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan agregat kasar terhadap kuat tekan yang dicapai. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm yang dilakukan pengujian pada umur 28 hari. Material yang digunakan adalah batu split atau batu pecah dengan ukuran 2/3, 1/2 dan 1/1 yang berasal dari Merak, dan untuk material pasir dipakai jenis pasir yang berasal dari Tanjung Raja OKI. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap sebagai berikut, komposisi beton mutu 300 kg/cm<sup>2</sup> (normal) yang menggunakan *mix design* yang didapat dari SNI. Hasil kuat tekan *mix design* SNI dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Hasil kuat tekan mix design SNI (normal) (Amiruddin dkk., 2014)

No	Umur Sample (hari)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	7	130	130
2		132	
3		128	
4	14	205	270
5		211	
6		206	
7	21	269	271
8		275	
9		270	
10	28	325	327
11		330	
12		328	

Selanjutnya dilakukan pengujian dengan memodifikasi ukuran maksimum agregat kasar pada *mix design* SNI untuk agregat kasar dipakai ukuran 2/3 dan 1/2 dengan max 30 mm, dan untuk SCC dipakai max 10 mm, hasil dapat dilihat pada Tabel 2.5. Dibuatlah variasi campuran untuk mengetahui jumlah pemakaian semen akibat pengaruh perubahan ukuran agregat dan faktor air semen. Hasil dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Tabel 2.5 Hasil kuat tekan (kg/cm<sup>2</sup>) max agregat 10mm dengan fas 0,3 umur 28 hari (Amiruddin dkk., 2014)

No	Jumlah Penambahan Semen				
	5%	10%	15%	20%	25%
1.	253	265	316	310	315
2.	247	268	314	311	317
3.	250	259	317	308	314
4.	246	264	318	310	316
5.	247	265	315	309	317
Rata-rata	265	285	316	320	350



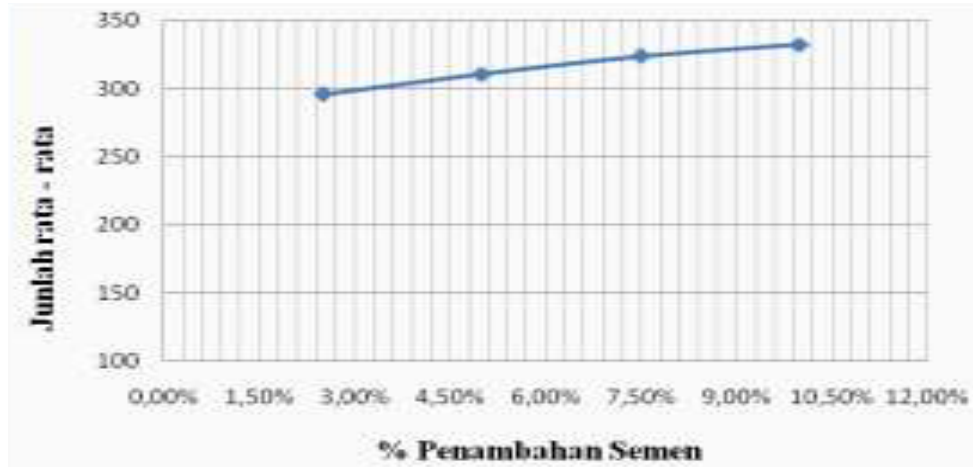
Gambar 2.1 Hubungan penambahan semen terhadap jumlah rata-rata (Amiruddin dkk., 2014)

Untuk memenuhi kualifikasi beton SCC yang lebih banyak fraksi agregat halusnya agar beton dapat mengalir dengan baik sehingga bisa memadat sendiri maka modifikasi 1 perlu dilakukan perubahan kembali dengan membalik jumlah pemakaian agregat kasar dan agregat halus, berikut ini perlu dilakukan pengujian dengan cara jumlah pemakaian agregat kasar dibalik dengan agregat halus, yaitu agregat kasar 65% menjadi 35% dan juga untuk agregat halus dari 35% menjadi 65%, dengan cara ini mendekati komposisi beton SCC yang diinginkan. Hasil dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Hasil kuat tekan beton ( $\text{kg/cm}^2$ ) pembalikan antara agregat kasar dan agregat halus (Amiruddin dkk., 2014)

No	Jumlah Penambahan Semen (%)			
	2,5%	5%	7,5%	10%
1	295	311	325	330
2	297	308	324	335
3	289	309	323	334
4	298	312	324	332
5	300	314	323	330
Rata-rata	295,8	310,8	323,8	332,2

Pada Gambar 2.2 menunjukkan bahwa modifikasi jumlah pemakaian agregat kasar menjadi halus dan sebaliknya membutuhkan penambahan semen sebanyak 6% untuk mencapai mutu K 300  $\text{kg/cm}^2$  yang diinginkan.



Gambar 2.2 Kuat tekan rata-rata modifikasi 2 (Amiruddin dkk., 2014)

Sebagai kesimpulan dapat diketahui bahwa apabila berubah besaran agregat maximum menjadi 10mm dibutuhkan penambahan semen sebesar 15menjadi 472  $\text{kg/m}^3$  dengan fas 0,3 untuk selanjutnya penambahan semen akibat pertukaran jumlah agregat kasar semula 65% menjadi 35% dan sebaliknya untuk agregat halus, maka dibutuhkan penambahan semen kembali sebesar 6% sehingga total kebutuhan semen untuk semua perubahan menjadi 501  $\text{kg/m}^3$ . Beton SCC memiliki sifat pada campurannya memiliki kemampuan untuk mengalir dan memadat sendiri, sedangkan hasil modifikasi masih memiliki *workability* atau *flowability* yang masih tinggi atau dengan kata lain beton masih sangat kental karena fas masih 0,3. Dari hasil modifikasi masih memiliki *workability* atau *flowability* yang masih tinggi atau dengan kata lain beton masih sangat kental karena fas masih 0,3. Untuk mendapatkan beton SCC yang *flowability* besar atau baik dibutuhkan fas tinggi, hal ini dapat dicapai dengan penambahan air tetapi mutu akan turun secara signifikan, jadi ini tidak disarankan, maka jalan terbaik adalah dengan menggunakan *admixture* yang dapat meningkatkan *flowability* dengan mutu beton bisa tercapai tanpa penurunan yang berarti, hasil dapat dilihat pada Tabel 2.7. *Admixture* yang digunakan adalah jenis *Retarder RP 264*, *Plasticizer SP 430* dan kombinasi keduanya.

Tabel.2.7 Kuat tekan penambahan retarder RP 264 (Amiruddin dkk., 2014)

No	Jumlah Penambahan Semen (%)			
	2,5%	5%	7,55	10%
1	327	321	315	295
2	325	319	312	210
3	326	322	314	305
4	326	321	315	301
5	325	320	314	304
Rata-rata	325,8	320,6	314	283

Berdasarkan hasil pengujian *flowability* untuk penambahan *Retarder RP 264* tidak mencapai diameter 50 cm karena setelah penambahan 1,5 sampai 2  $\text{lt/m}^3$  hasil sama yaitu hanya mendapat tinggi *slump* 20 cm dapat dilihat pada Tabel 2.8. Untuk penambahan pemakaian SP 430 dapat dicapai  $T_{50}$  selama 4 detik, dan kombinasi keduanya didapat *flowability* lebih baik lagi yaitu 2 detik dapat dilihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.8 Kuat Tekan penambahan reaterder SP 430 (Amiruddin dkk., 2014)

No	Jumlah Penambahan Semen (%)			
	2,5%	5%	7,5%	10%
1	315	319	323	322
2	317	320	320	321
3	319	318	321	322
4	317	319	322	323
5	315	318	323	324
Rata-rata	316	318,8	321,8	322,4

Tabel 2.9 Kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ ) penambahan RP264 + SP430 masing-masing 1,5  $\text{lt/m}^3$  (Amiruddin dkk., 2014)

No	Umur Beton (Hari)		
	7	14	28
1	122	195	298
2	123	198	297
3	119	197	310
4	120	194	311
5	119	193	305
6	118	193	301
7	120	193	312
8	119	195	311
9	121	195	305
10	118	195	300
Rata-rata	120	195	305



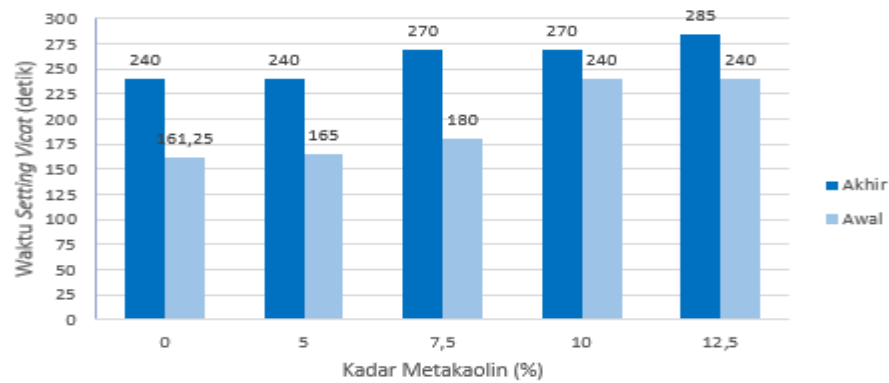
### 2.1.3. Penelitian Terdahulu Tentang Kaolin

Dharmawan dkk. (2017) melakukan penelitian tentang kajian pengaruh variasi komposisi metakaolin terhadap parameter beton memadat mandiri dan kuat tekan beton mutu tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan parameter *Self Compacting Concrete*. Benda uji yang di gunakan adalah beton mutu tinggi memadat mandiri (*high strength self compacting concrete – HSSCC*) berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Kadar metakaolin yang ditambahkan sebesar 0%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%. Tabel 2.10 menunjukan penamaan benda uji yang dibuat pada penelitian ini.

Tabel 2.10 Penamaan benda uji (Dharmawan dkk., 2017)

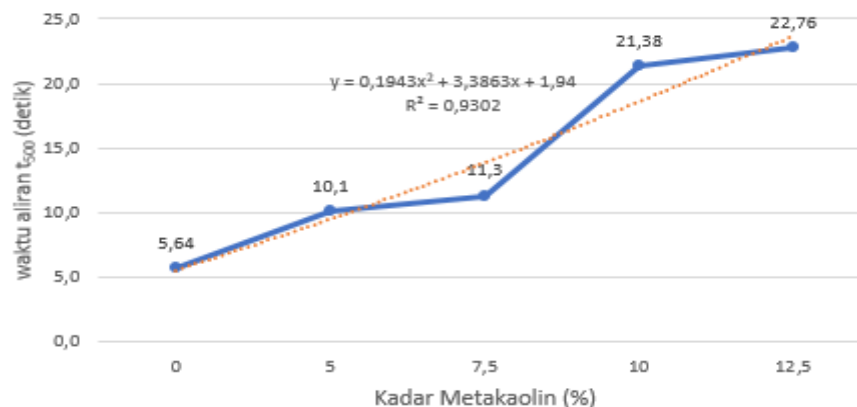
No	Kadar Metakaolin	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Jumlah Benda Uji
1	0%	HSSCC MK0	14	3
			28	3
2	5%	HSSCC MK5	14	3
			28	3
3	7,5%	HSSCC MK7,5	14	3
			28	3
4	10%	HSSCC MK10	14	3
			28	3
5	12,5%	HSSCC MK12,5	14	3
			28	3
Total Benda Uji				30

Semakin banyak penggunaan metakaolin sebagai pengganti semen maka akan semakin mengurangi senyawa-senyawa yang terdapat pada semen yang berperan dalam mempercepat waktu ikat semen. Dalam penambahan metakaolin, senyawa yang tersisa dari hidrasi semen yaitu senyawa C-H akan bereaksi kembali dengan senyawa yang terdapat pada metakaolin yaitu silika dan alumina yang disebut dengan reaksi pozolanik. Adanya reaksi tambahan ini menyebabkan proses hidrasi semen yang berkelanjutan dan pengikatan beton yang semakin lama, seperti pada Gambar 2.3.

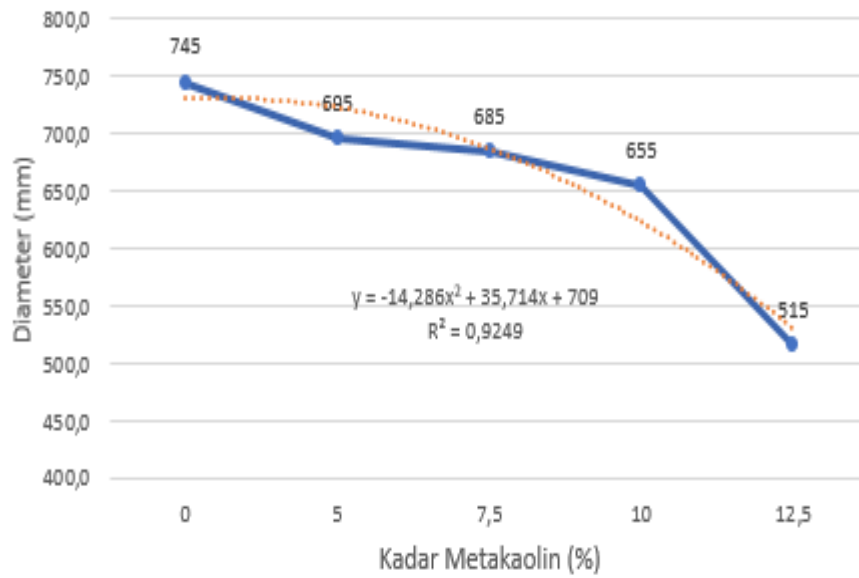


Gambar 2.3 Hubungan antara waktu ikat semen dengan kadar metakaolin (Dharmawan dkk., 2017)

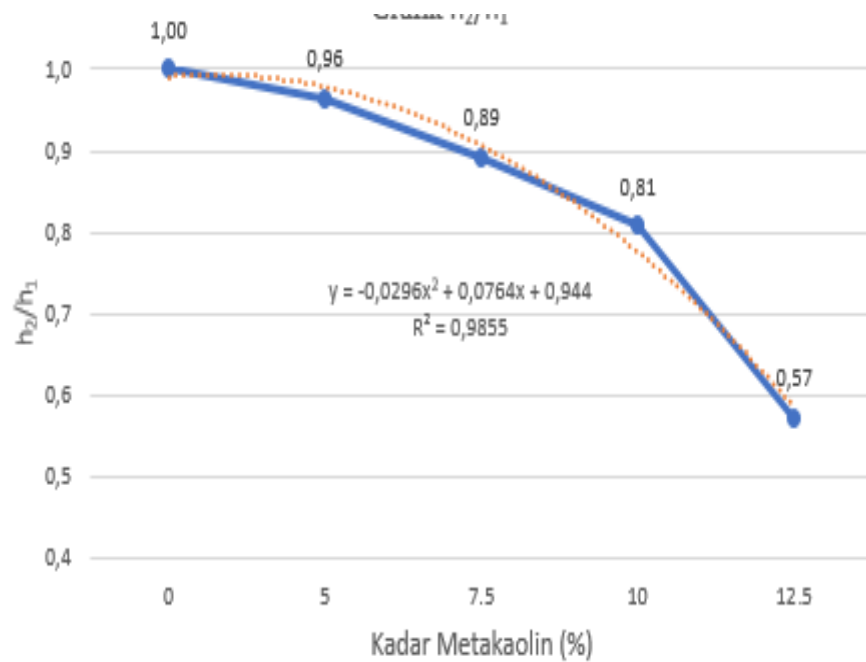
Pengujian selanjutnya yang dilakukan adalah *fillingability*, *passingability*, *segregation resistance* dan kuat tekan dalam proses pengujian ini kadar metakaolin yang tinggi sangat mempengaruhi waktu alirnya semen yang menyebabkan waktu alirnya semen semakin lama dapat dilihat pada Gambar 2.4 – Gambar 2.8. Hal ini disebabkan karena metakaolin yang mengikat lebih banyak air sehingga beton menjadi kental. Penggunaan *superplasticizer* berguna untuk mencegah beton tidak menggumpal dan lebih tersebar merata. Pada pengujian *V-funnel* beton tanpa bahan tambah memakan waktu alir kurang dari 12 detik, sedangkan beton dengan bahan tambah metakaolin memakan waktu alir lebih dari 12 detik. Beton dengan bahan tambah metakaolin akan mengalami penurunan *workabilitas* karena metakaolin bersifat lempung yang berarti menyerap air dan memiliki luas permukaan yang besar dibanding semen.



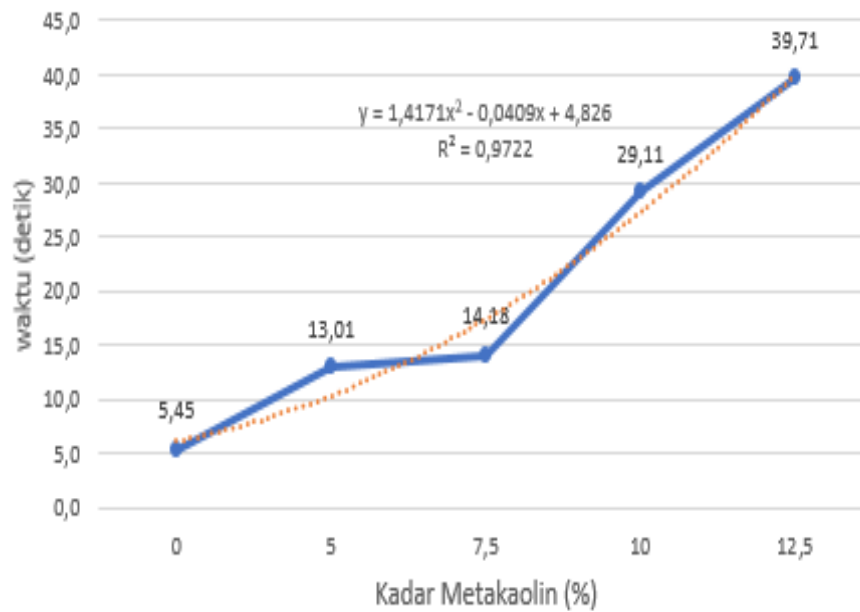
Gambar 2.4 Hubungan antara waktu aliran ( $T_{50}$ ) slump flow dengan kadar metakaolin (Dharmawan dkk., 2017)



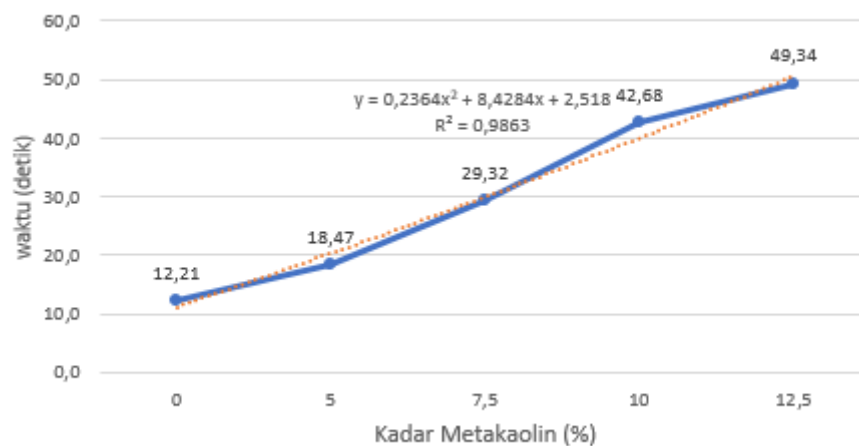
Gambar 2.5 Hubungan antara diameter rerata *slump flow* dengan kadar metakaolin (Dharmawan dkk., 2017)



Gambar 2.6 Hubungan antara waktu aliran ( $T_{500}$ ) *Slump Flow* dengan kadar metakaolin (Dharmawan dkk., 2017)



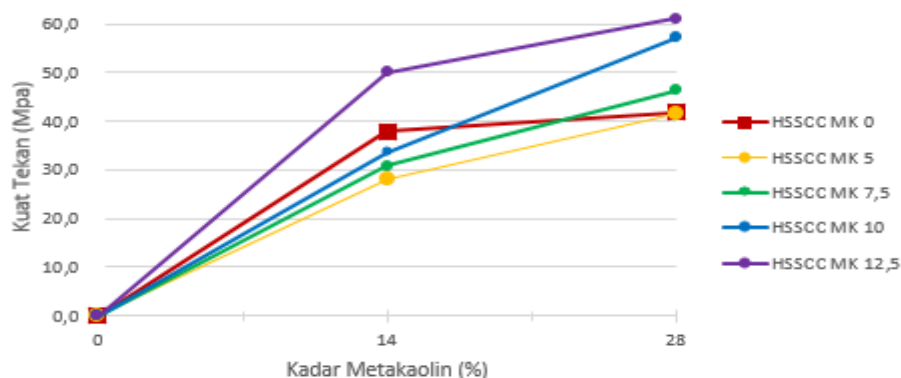
Gambar 2.7 Hubungan antara waktu *V-funnel* dengan kadar metakaolin (Dharmawan dkk., 2017)



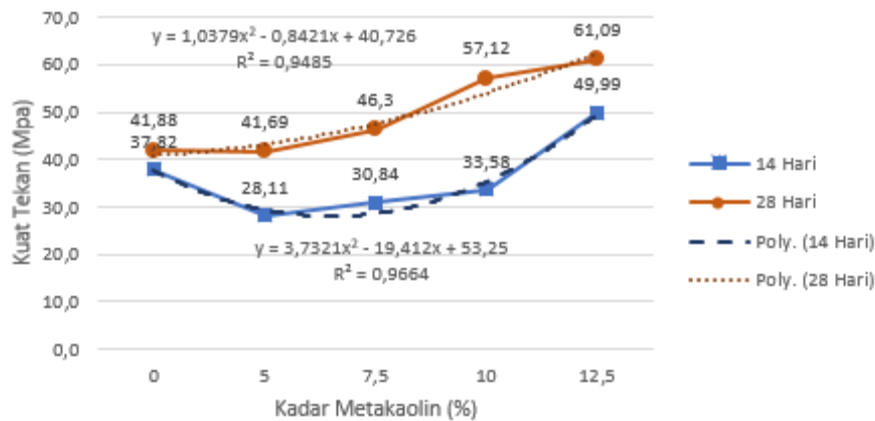
Gambar 2.8 Hubungan antara waktu *V-funnel* dengan kadar metakaolin (Dharmawan dkk., 2017)

Penambahan metakaolin pada umur 14 hari tidak meningkatkan kuat tekan awal beton dikarenakan campuran beton *high strength self compacting concrete* (HSSCC) yang sangat padat sehingga terdapat ruang kosong yang sangat kecil antara agregat dan semen. Penyebab lain kemungkinan dengan adanya penambahan bahan tambah yang mengganggu senyawa pada semen yang berperan untuk meningkatkan kuat tekan awal beton yaitu senyawa C3S dan C3A. Beton dengan penambahan metakaolin sebanyak 12,5% pada umur 14 hari memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dari beton acuan, pada variasi campuran 12,5% reaksi

pozolanik lebih terlihat daripada varisai lainnya dalam meningkatkan kuat tekan beton. Kuat tekan beton umur 28 hari meningkat dengan stabil seiring dengan tingginya kadar metakaolin yang digunakan, hasil dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan Gambar 2.10. Peningkatan kuat tekan ini sesuai dengan penelitian lainnya yang disebabkan oleh reaksi pozolanik metakaolin, *filler effect*, dan *ball effect*. *Filler effect* adalah proses pengisian rongga kosong yang terdapat dalam campuran beton. Metakaolin yang merupakan bahan tambah pada penelitian ini berperan dalam mengisi rongga kosong dalam campuran beton. Porositas beton adalah salah satu aspek yang mendapatkan keuntungan dengan adanya *filler effect* ini. Adanya penambahan metakaolin, terjadi peningkatan kepadatan campuran beton atau *aggregate packing* dikarenakan butiran metakaolin yang sangat kecil dari pada semen. Metakaolin juga berperan sebagai penutup pori saat terjadi reaksi pozolanik yang menyebabkan bertambahnya senyawa C-S-H disekitar partikel metakaolin. *Ball bearing effect* adalah dimana partikel metakaolin yang lebih kecil dari semen bertindak sebagai pelicin antara seluruh komponen penyusun beton seperti semen, pasir, dan kerikil. Metakaolin melicinkan permukaan komponen-komponen penyusun beton yang mengakibatkan bergesernya komponen pada bagian atas campuran beton ke bawah campuran dengan bantuan gravitasi. Dengan bergesernya komponen penyusun beton maka campuran beton akan semakin padat yang akibatnya meningkatkan kekuatan beton itu sendiri.



Gambar 2.9 Hubungan antara kuat tekan umur 14 dan 28 hari dengan kadar metakaolin (Dharmawan dkk., 2017)



Gambar 2.10 Hubungan antara kuat tekan dengan kadar metakaolin (Dharmawan dkk., 2017)

#### 2.1.4. Penelitian Terdahulu Tentang Serat *Polypropylene*

Kartini (2007) melakukan penelitian tentang penggunaan serat *polypropylene* untuk meningkatkan kuat tarik belah beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran dan dosis yang optimum serat *polypropylene* pada campuran beton. Pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 72 benda uji, pengujian dilakukan pada umur beton 28, 56, dan 90 hari.

Tabel 2.11 Hasil uji kuat tarik belah beton umur 28 hari untuk beton normal (Kartini, 2007)

Kode	Beban Hancur P (kg)	Kuat Tarik Belah (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>ct</sub> (MPa)	F <sub>ct</sub> Rata-rata (MPa)
A1	17,900	25,32	2,48	
A2	17,800	25,18	2,47	2,48
A3	17,850	25,25	2,48	
B1	18,050	25,54	2,50	
B2	18,100	25,61	2,51	2,50
B3	17,900	25,32	2,48	
C1	18,150	25,68	2,52	
C2	18,210	25,76	2,53	2,52
C3	18,200	25,75	2,52	
D1	18,300	25,89	2,54	
D2	18,430	26,07	2,56	2,55
D3	18,330	25,93	2,54	

Tabel 2.12 Hasil uji kuat tarik belah beton umur 28 hari untuk beton mutu tinggi (Kartini, 2007)

Kode	Baban Hancur P (kg)	Kuat Tarik Belah (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>ct</sub> (MPa)	F <sub>ct</sub> Rata-rata (MPa)
E1	22,540	31,89	3,13	
E2	23,600	33,39	3,27	3,19
E3	22,900	32,40	3,18	
F1	23,350	33,03	3,24	
F2	23,400	33,10	3,25	3,24
F3	23,400	33,10	3,25	
G1	23,600	33,39	3,27	
G2	23,500	33,25	3,26	3,26
G3	23,400	33,10	3,25	
H1	23,700	33,53	3,29	
H2	23,800	33,67	3,30	3,29
H3	23,700	33,53	3,29	

Data Tabel 2.11 dan Tabel 2.12 menunjukan hasil kuat tarik belah maksimum untuk beton mutu normal pada umur 28 hari mengalami peningkatan sebesar 6,25 % dengan variasi 0,9 kg/m<sup>3</sup> fiber sedangkan untuk beton mutu tinggi mengalami peningkatan kuat tarik belah sebesar 3,13 % dengan variasi 0,9 kg/m<sup>3</sup> fiber dibandingkan dengan beton tanpa fiber.

Tabel 2.13 Hasil uji kuat tarik belah beton umur 56 hari untuk beton normal (Kartini, 2007)

Kode	Beban Hancur P (kg)	Kuat Tarik Belah (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>ct</sub> (MPa)	F <sub>ct</sub> Rata-rata (MPa)
A4	18,050	25,54	2,50	
A5	17,950	25,39	2,49	2,50
A6	18,100	25,61	2,51	
B4	18,200	25,75	2,53	
B5	18,250	25,82	2,53	2,53
B6	18,150	25,68	2,52	
C4	18,300	25,89	2,54	
C5	18,350	25,96	2,55	2,55
C6	18,400	26,03	2,55	
D4	18,550	26,24	2,57	
D5	18,500	26,17	2,57	2,57
D6	18,500	26,17	2,57	

Tabel 2.14 Hasil uji kuat tarik belah beton umur 56 hari untuk beton mutu tinggi  
(Kartini, 2007)

Kode	Beban Hancur P (kg)	Kuat Tarik Belah (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>ct</sub> (MPa)	F <sub>ct</sub> Rata-rata (MPa)
E4	23,510	33,26	3,26	
E5	23,990	33,94	3,33	3,26
E6	23,000	32,54	3,19	
F4	23,550	33,32	3,27	
F5	23,450	33,17	3,25	3,28
F6	24,000	33,95	3,33	
G4	23,280	32,93	3,23	
G5	24,550	34,73	3,41	3,32
G6	23,880	33,78	3,31	
H4	24,300	34,38	3,37	
H5	24,500	34,66	3,40	3,39
H6	24,400	34,52	3,39	

Data Tabel 2.13 dan Tabel 2.14 menunjukan hasil uji kuat tarik belah maksimum untuk beton mutu normal pada umur 56 hari mengalami peningkatan sebesar 2,8 % dengan variasi 0,9 kg/m<sup>3</sup> fiber sedangkan untuk beton mutu tinggi mengalami peningkatan kuat tarik belah sebesar 3,99 % dengan variasi 0,9 kg/m<sup>3</sup> fiber dibandingkan dengan beton tanpa fiber.

Tabel 2.15 Hasil uji kuat tarik belah beton umur 90 hari untuk beton normal  
(Kartini, 2007)

Kode	Beban Hancur P (kg)	Kuat Tarik Belah (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>ct</sub> (MPa)	F <sub>ct</sub> Rata-rata (MPa)
A7	18,100	25,61	2,51	
A8	18,150	25,68	2,52	2,52
A9	18,200	25,75	2,53	
B7	18,300	25,89	2,54	
B8	18,200	25,75	2,53	2,54
B9	18,350	25,96	2,55	
C7	18,600	26,31	2,58	
C8	18,500	26,17	2,57	2,58
C9	18,600	26,31	2,58	
D7	19,400	27,45	2,69	
D8	18,470	26,13	2,56	2,60
D9	18,310	25,90	2,54	



Tabel 2.16 Hasil uji kuat tarik belah beton umur 90 hari untuk beton mutu tinggi  
(Kartini, 2007)

Kode	Beban Hancur P (kg)	Kuat Tarik Belah (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>ct</sub> (MPa)	F <sub>ct</sub> Rata-rata (MPa)
E7	23,650	33,46	3,28	
E8	23,750	33,60	3,30	3,30
E9	23,850	33,74	3,31	
F7	23,900	33,81	3,62	
F8	23,950	33,88	3,32	3,33
F9	24,050	34,02	3,34	
G7	24,300	34,38	3,37	
G8	24,890	35,21	3,45	3,40
G9	24,400	34,52	3,39	
H7	25,350	35,86	3,52	
H8	24,990	35,35	3,47	3,49
H9	25,200	35,65	3,50	

Data Tabel 2.15 dan Tabel 2.16 menunjukkan kuat tarik belah maksimum untuk beton mutu normal pada umur 90 hari mengalami peningkatan sebesar 3,17 % dengan variasi 0,9 kg/m<sup>3</sup> fiber sedangkan untuk beton mutu tinggi mengalami peningkatan kuat tarik belah sebesar 5,76 % dengan variasi 0,9 kg/m<sup>3</sup> fiber dibandingkan dengan beton tanpa fiber. Dari penelitian di atas dapat dinyatakan bahwa dengan pemakaian dosis fiber sebanyak 0,9 kg/m pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tarik belah beton. Semakin banyak jumlah fiber yang digunakan akan dapat mengisi rongga-rongga udara didalam beton, dan fiber juga dapat berfungsi sebagai tulangan didalam beton, sehingga kekuatan tarik belah beton tersebut akan bertambah.

Santoso dkk. (2010) melakukan penelitian tentang efek penambahan serat *polypropylene* terhadap daya lekat dan kuat lentur pada rehabilitas struktur beton dengan *self compacting repair mortar* (SCRM). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek penambahan serat *polypropylene* terhadap kuat lekatan beton *substrate* dan beton baru (*overlay*) dalam tinjauan gaya geser, efek penambahan serat *polypropylene* terhadap kekuatan lentur beton yang telah mengalami lapis ulang serta mencari komposisi penambahan serat *polypropylene* yang paling optimum. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15 cm sebanyak 3 buah dan balok dengan ukuran 50x10x10 cm setiap benda uji dibuat dengan ketebalan lapis *substrate* 7,5 cm dan

lapis *overlay* 2,5 cm. Masing-masing pengujian memiliki 4 variasi penambahan serat *polypropylene* sebesar 0 kg/m<sup>3</sup>, 1 kg/m<sup>3</sup>, 2 kg/m<sup>3</sup>, 3 kg/m<sup>3</sup>. Kebutuhan bahan per-m<sup>3</sup> pada beton SCC dan beton *subtrade* dapat dilihat pada Tabel 2.17 dan Tabel 2.18. Pengujian dilakukan pada saat umur beton 56 hari. Pada penelitian ini *mix design* beton SCC (untuk lapisan *overlay*) dilakukan dengan cara *trial and error* dan *mix design* beton *substrate* menggunakan metode DOE dari Inggris dengan kuat tekan rencana 20 MPa.

Tabel 2.17 Kebutuhan bahan per-m<sup>3</sup> beton SCC (Santoso dkk., 2010)

No	Jenis Material	Volume	Satuan
1	Semen	490,114	Kg
2	Pasir	950	Kg
3	Kerikil	575	Kg
4	Air	227	Liter
5	Silica Fume	25,795	Kg
6	Visconcrete	4283	MI
7	Plastimen	1455	MI
8	Sika Air	307	MI

Tabel 2.18 Kebutuhan bahan per-m<sup>3</sup> beton *substrate* (Santoso dkk., 2010)

No	Jenis Material	Volume	Satuan
1	Semen	427	Kg
2	Pasir	686,84	Kg
3	Kerikil	1030,16	Kg
4	Air	204,9	Liter

Setelah diketahui jumlah adukan beton setiap 1 m<sup>3</sup> nya, kemudian di cari jumlah kebutuhan bahan adukan beton untuk beton *substrate* maupun beton SCC sesuai dengan kebutuhan dan jumlah sampel yang diperlukan. Untuk pengujian gaya geser beton menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan masing-masing benda uji berjumlah 3 buah untuk setiap variasinya.

Tabel 2.19 Uji kuat lekat terhadap gaya geser dengan penambahan serat *polypropylene* 0 kg (Santoso dkk., 2010)

No	Slump (cm)	Sisi Kubus (cm)	Berat (kg)	P maks (KN)	Gaya Geser (MPa)
1	59-65	15 x 15	7,63	44	1,956
2	59-65	15 x 15	8	60	2,667
3	59-65	15 x 15	7,97	30	1,333
Kuat Tarik Belah Rata-rata					1,985

Tabel 2.20 Uji kuat lekat terhadap gaya geser dengan penambahan serat *polypropylene* 1 kg (Santoso dkk., 2010)

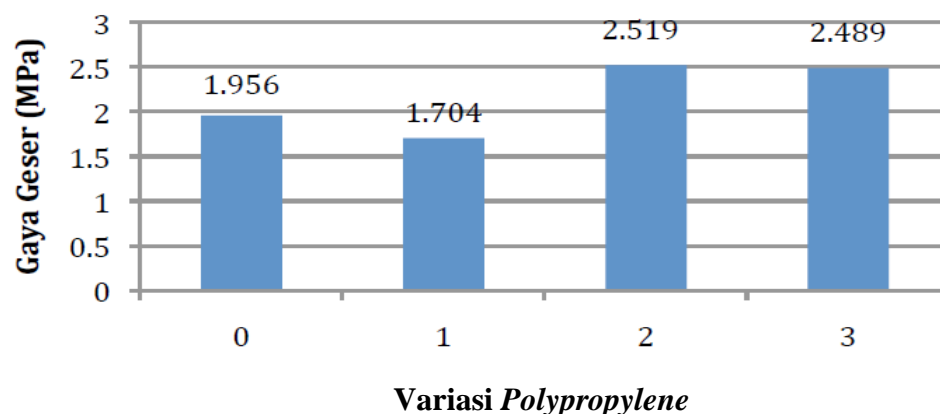
No	Slump (cm)	Sisi Kubus (cm)	Berat (kg)	P maks (KN)	Gaya Geser (MPa)
1	60-64	15 x 15	7,835	47	2,089
2	60-64	15 x 15	7,757	22	0,978
3	60-64	15 x 15	8,094	46	2,044
Kuat Tarik Belah Rata-rata					1,704

Tabel 2.21 Uji kuat lekat terhadap gaya geser dengan penambahan serat *polypropylene* 2 kg (Santoso dkk., 2010)

No	Slump (cm)	Sisi Kubus (cm)	Berat (kg)	P maks (KN)	Gaya Geser (MPa)
1	48-50	15 x 15	7,751	44	1,956
2	48-50	15 x 15	7,590	70	3,111
3	48-50	15 x 15	7,858	56	2,489
Kuat Tarik Belah Rata-rata					2,519

Tabel 2.22 Uji kuat lekat terhadap gaya geser dengan penambahan serat *polypropylene* 3 kg (Santoso dkk., 2010)

No	Slump (cm)	Sisi Kubus (cm)	Berat (kg)	P maks (KN)	Gaya Geser (MPa)
1	48	15 x 15	7,777	48	2,133
2	48	15 x 15	8,068	74	3,289
3	48	15 x 15	8,005	46	2,044
Kuat Tarik Belah Rata-rata					2,489



Gambar 2.11 Hubungan antaragaya geser dengan variasi *polypropylene* (Santoso dkk., 2010)

Data pada Tabel 2.19 – Tabel 2.22 dan Gambar 2.11 menunjukkan kekuatan lekatan antara beton *overlay* dan *substrate* ditinjau dari gaya geser, akan

optimum pada penambahan serat *polypropylene* sebesar  $2 \text{ kg/m}^3$  dan besarnya kekuatan geser adalah 2,519 MPa. Serat *polypropylene* merupakan serat jenis potongan pendek (*short cut*) yang dapat difungsikan untuk meminimalisir terjadinya *microcracks* akibat berubahnya volume beton selama proses pengeringan. Serat *polypropylene* dapat mengendalikan *free plastic shrinkage* beton segar. Dengan berkurangnya besaran *free shrinkage* pada beton *overlay*, maka perbedaan susut antara lapis *overlay* dengan lapis *substrate* dapat diminimalisir. Berkurangnya perbedaan susut antara lapis *overlay* dengan *substrate* dapat meminimalisir *microcracks* di sekitar *interface* beton lama dengan beton baru. Hal ini mendorong kekuatan lekat yang lebih sempurna antara beton lama dengan beton baru, sehingga turut mencegah terjadinya *debonding*. Untuk pengujian kuat lentur beton menggunakan benda uji berbentuk balok yang terdiri dari beton *substrate* ukuran 7,5 cm dan beton *overlay* ukuran 2,5 cm, pada pelaksanaannya, beton *substrate* berumur 28 hari dilapisi beton *overlay*, setelah berumur 56 hari kemudian diuji kuat lenturnya.

Tabel 2.23 Hasil pengujian kuat lentur (*multi-layer*) dengan campuran serat 0 kg pada sisi tarik (Santoso dkk., 2010)

No	Nilai slump (cm)	Panjang (L) cm	Lebar (b) cm	Tinggi (h) cm	Beban Maks (kg)	Kuat Lentur (MPa)
1	59-65	50,2	9,5	10,1	500	3,885
2	59-65	50,4	9,3	10,1	500	3,984
3	59-65	50,5	9,5	10,2	600	4,598
Rata-rata Kuat Lentur MPa						4,156

Tabel 2.24 Hasil pengujian kuat lentur (*multi-layer*) dengan campuran serat 1 kg pada sisi tarik (Santoso dkk., 2010)

No	Nilai slump (cm)	Panjang (L) cm	Lebar (b) cm	Tinggi (h) cm	Beban Maks (kg)	Kuat Lentur (MPa)
1	63-64	50,1	9,94	10,6	700	4,710
2	63-64	50	9,6	10,27	700	5,185
3	63-64	50	10,27	10,8	650	5,070
Rata-rata Kuat Lentur MPa						4,988

Tabel 2.25 Hasil pengujian kuat lentur (*multi-layer*) dengan campuran serat 2 kg pada sisi tarik (Santoso dkk., 2010)

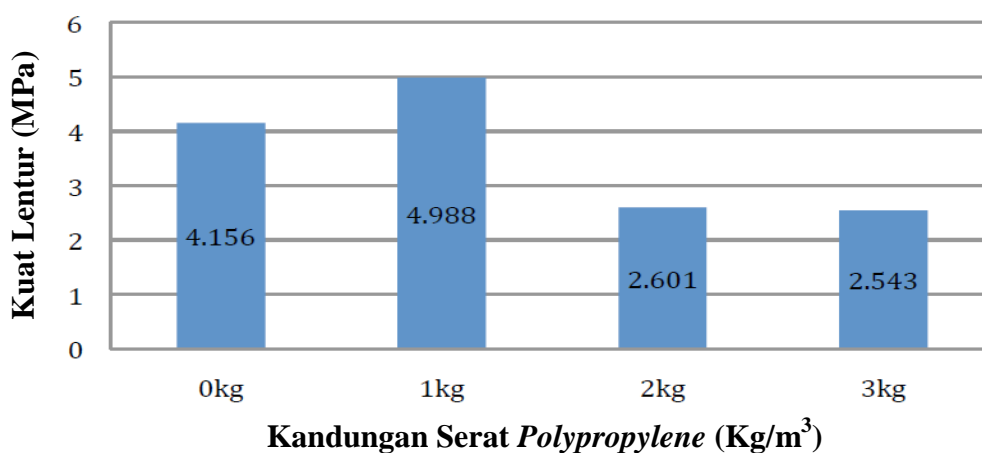
No	Nilai slump (cm)	Panjang (L) cm	Lebar (b) cm	Tinggi (h) cm	Beban Maks (kg)	Kuat Lentur (MPa)
1	50-48	50	9,6	10,56	500	3,503
2	50-48	50,5	9,94	10,44	300	2,098
3	50-48	50	9,98	10,93	350	2,202
Rata-rata Kuat Lentur MPa						2,601

Tabel 2.26 Hasil pengujian kuat lentur (*multi-layer*) dengan campuran serat 3 kg pada sisi tarik (Santoso dkk., 2010)

No	Nilai slump (cm)	Panjang (L) cm	Lebar (b) cm	Tinggi (h) cm	Beban Maks (kg)	Kuat Lentur (MPa)
1	48-48	51	9,3	10,44	350	2,642
2	48-48	51	9,2	10,1	350	2,853
3	48-48	51	9,7	10,53	300	2,134
Rata-rata Kuat Lentur MPa						2,543

Tabel 2.27 Hasil pengujian lentur beton control (*mono-layer* / sekali pengecoran) (Santoso dkk., 2010)

No	Nilai slump (cm)	Panjang (L) cm	Lebar (b) cm	Tinggi (h) cm	Beban Maks (kg)	Kuat Lentur (MPa)
1	9,5	50	9,5	10,3	600	4,463
2	9,5	50,1	10	10	700	5,261
3	9,5	50,2	9,5	10,34	700	5,190
Rata-rata Kuat Lentur MPa						4,971

Gambar 2.12 Hasil pengujian kuat lentur beton *multi-lapis* (pasca lapis ulang) dengan kandungan serat *polypropylene* (Santoso dkk., 2010)

Data dari Tabel 2.23 – Tabel 2.27 dan Gambar 2.12 menunjukkan penambahan serat *polypropylene* ke dalam campuran beton *overlay* akan mempengaruhi kuat lentur pasca lapis ulang. Kuat lentur beton pasca lapis ulang pada umur 28 hari dapat melampaui kuat lentur beton kontrol (*monolayer* atau beton sekali pengecoran) yang memiliki kuat lentur  $4,971 \text{ kg/m}^3$ , bila digunakan lapis *overlay* dengan penambahan serat *polypropylene*  $1 \text{ kg/m}^3$ , yaitu sebesar  $4,988 \text{ kg/m}^3$ . Pada konstruksi dengan lapis *overlay* serat *polypropylene*  $2 \text{ kg/m}^3$  dan  $3 \text{ kg/m}^3$  terjadi penurunan hasil uji kuat lentur. Dari hasil uji kuat lentur beton pasca lapis ulang pada umur beton 28 hari, kuat lentur beton dengan lapis ulang menggunakan serat *polypropylene*  $1 \text{ kg/m}^3$  merupakan nilai optimum penambahan serat untuk beton pada pekerjaan *overlay*. Kondisi ini dapat dicapai mengingat pada penambahan  $1 \text{ kg/m}^3$  *polypropylene*, beton segar masih memenuhi persyaratan beton SCC yang mampu mengalir dan memadat dengan memanfaatkan berat sendirinya. Dengan demikian, kepadatan didaerah *interface* beton lama dengan beton baru dapat tercapai sempurna.

#### **2.1.5. Penelitian Terdahulu Tentang *Self Compacting Concrete***

Akkas dkk. (2013) melakukan penelitian tentang studi pengaruh serat *polypropylene* (PP) terhadap kekuatan beton SCC. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui variasi serat *polypropylene* (PP) yang optimal yang menyebabkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton mencapai nilai maksimal. Pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, variasi serat *polypropylene* yang digunakan adalah 0%; 1,25%; 2,5%; 3,75%; dan 5% dari berat semen, dapat dilihat pada Tabel 2.28 dan Tabel 2.29.

Tabel 2.28 Hasil pengujian kuat tekan beton SCC + *polypropylene* (PP) (Akkas dkk., 2013)

No	Ben da Uji \	Luas (A) (cm <sup>2</sup> )	Beban (P)		F <sub>c</sub> '=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Koef (28) (k)	F <sub>c</sub> '=f <sub>c</sub> '/k (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> ' Rata- rara (f <sub>c</sub> ' )
			(kN)	(kg)				
1		176,715	778,5	79357,8	449,073		449,073	
2	0%	176,715	780,5	79561,7	450,227	1	450,227	446,285
3		176,715	762,0	77675,8	439,555		439,555	
1		176,715	898,0	91539,2	518,006		518,006	
2	1,25%	176,715	1000	101936,8	576,844	1	576,844	531,370
3		176,715	865,5	88226,3	499,259		499,259	
1		176,715	649,0	66157,0	374,372		374,372	
2	2,5%	176,715	630,0	64220,2	363,412	1	363,412	378,891
3		176,715	691,5	70489,3	398,888		398,888	
1		176,715	600,5	61213,0	346,395		346,395	
2	3,75%	176,715	595,0	60652,4	343,222	1	343,222	349,375
3		176,715	621,5	63353,7	358,509		358,509	
1		176,715	563,5	57441,4	325,052		325,052	
2	5%	176,715	545,0	55555,6	314,380	1	314,380	320,918
3		176,715	560,5	57135,6	323,321		323,321	

Gambar 2.13 Hubungan kuat tekan beton dengan penambahan serat *polypropylene* (Akkas dkk., 2013)

Tabel 2.29 Hasil pengujian kuat-tarik belah beton SCC + variasi (PP) (Akkas dkk., 2013)

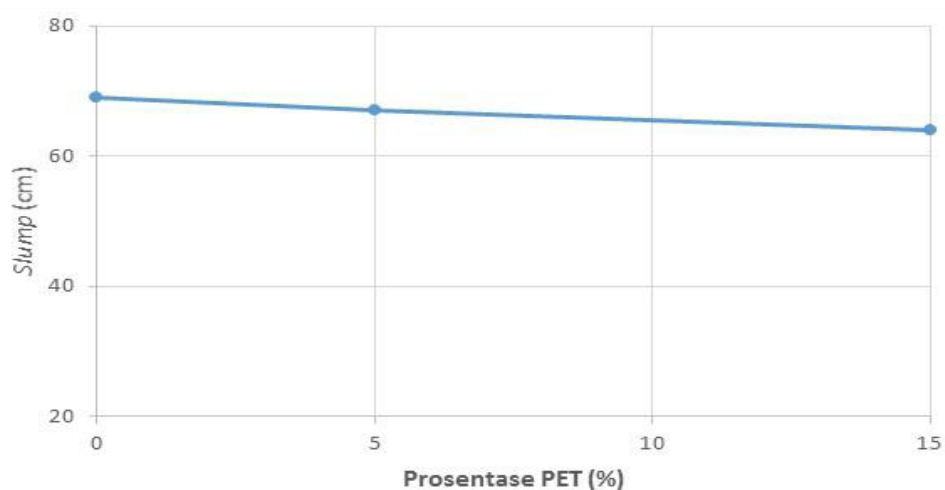
Benda Uji	Tinggi (L) (cm)	Diameter (D) (cm)	Beban (P)		$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Koef. (28) (k)	F <sub>c</sub> 'i Rata-rara (f <sub>c</sub> ')
			(kN)	(kg)			
0%	1	30	15	265,0	27013,25		
	2	30	15	258,0	26299,69	1	38,096
	3	30	15	269,5	27471,97		
1,25%	1	30	15	290,0	29561,67		
	2	30	15	251,0	25586,14	1	40,283
	3	30	15	297,0	30275,23		
2,5%	1	30	15	262,5	26758,41		
	2	30	15	239,0	24362,9	1	36,558
	3	30	15	259,0	26401,63		
3,75%	1	30	15	240,0	24464,83		
	2	30	15	240,0	24464,83	1	34,515
	3	30	15	238,0	24260,96		
5%	1	30	15	222,3	22680,94		
	2	30	15	218,0	22222,22	1	31,895
	3	30	15	223,0	22731,91		

Gambar 2.14 Hubungan variasi serat *polypropylene* dengan kuat tarik belah beton (Akkas dkk., 2013)

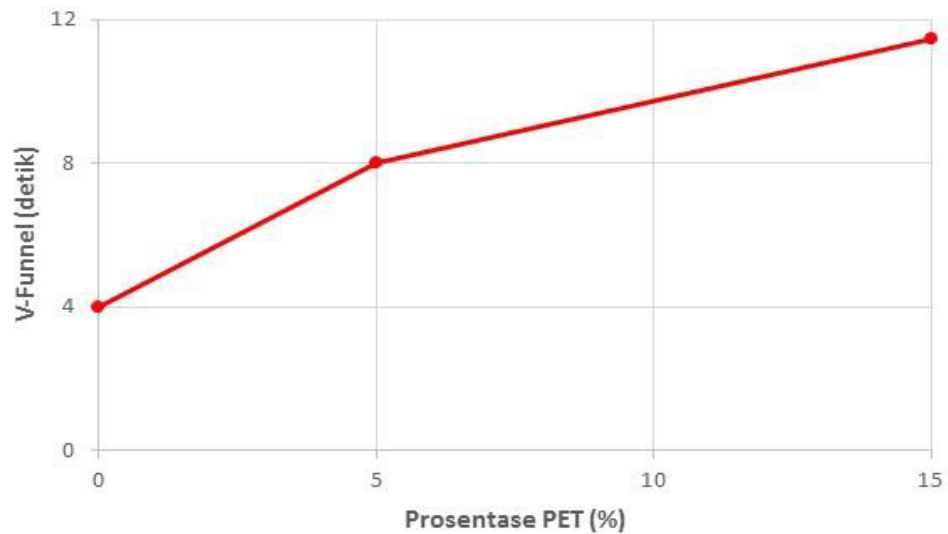


Gambar 2.13 menunjukkan bahwa kadar PP optimal terdapat pada kadar PP 1,2% x berat semen yang memberikan kuat tekan  $531,37 \text{ kg/cm}^2$  (20 % diatas kuat tekan beton SCC), sementara kuat-tarik belah  $40,28 \text{ kg/cm}^2$  (5 % diatas kuat-tarik belah beton SCC), dapat dilihat pada Gambar 2.14. Pada kadar PP optimal (1,2% x berat semen) kelihatan kuat tarik belahnya menurun dibandingkan pada beton normal. Pada beton SCC yang ditambah *polypropylene* (PP), kuat tarik belahnya pada kisaran 5% dari kuat tekan sementara pada beton normal yang diberikan *polypropylene* (PP) kuat tekan masih kisaran 15% dari kuat tekannya. Terkait dengan kelecakan adukan beton berbahan tambah serat *polypropylene* (PP) kelihatan menurun seiring dengan bertambahnya kadar *polypropylene* (PP).

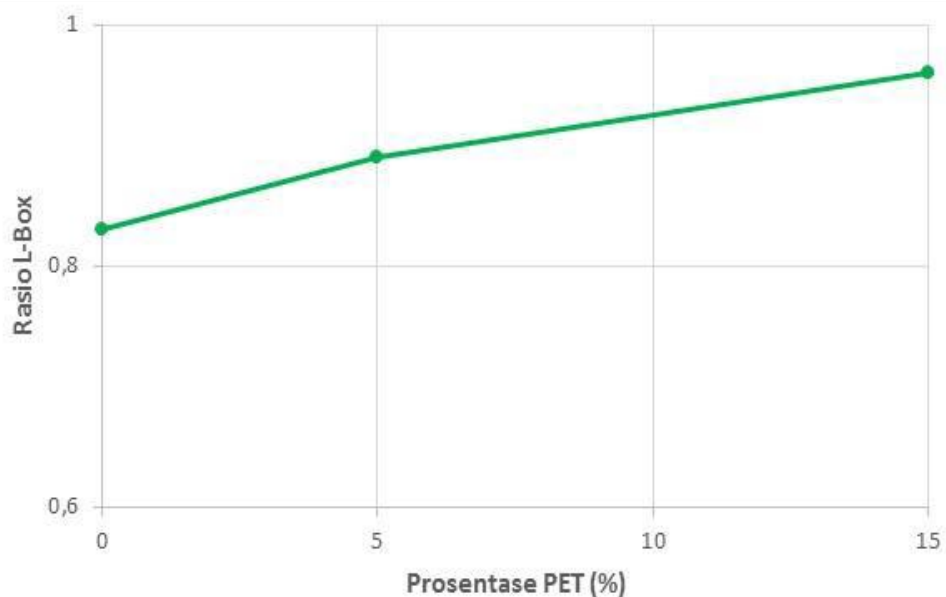
Hayu (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh campuran *polyethylene terephthalate* terhadap kuat tekan beton memadat sendiri. *Polyethylene terephthalate* merupakan sampah anorganik berupa sampah botol minuman kemasan yang membutuhkan waktu lama untuk menguraikannya, adanya permasalahan tersebut membuat banyak pihak untuk mencari solusi dengan mengurangi limbah plastik PET ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran kadar PET terhadap kuat tekan beton SCC. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, varisai campuran PET adalah sebesar 0%, 5%, dan 15% sebagai bahan substitusi pasir lempung, setiap varisai dibuat sebanyak 12 buah dan di tes pada saat umur 7, 14, 21, dan 28 hari setiap tes digunakan 3 benda uji.



Gambar 2.15 Hubungan antara *slump flow* dengan prosentase *polyethylene terephthalate* (Hayu, 2016)



Gambar 2.16 Hubungan antara *V-Funnel* dengan prosentase *polyethylene terephthalate* (Hayu, 2016)



Gambar 2.17 Hubungan antara L-Box dengan prosentase *polyethylene terephthalate* (Hayu, 2016)

Gambar 2.15 menunjukan nilai *slump* akan turun seiring dengan peningkatan kadar PET. PET 5% memiliki nilai *slump* sebesar 66 cm sedangkan PET 15% sebesar 64 cm. keduanya masih memenuhi syarat SCC yaitu sebesar 65-70 cm. sedangkan Gambar 2.16 untuk tes *V-Funnel* nilai akan meningkat seiring dengan bertambahnya kadar PET. PET 5% memiliki nilai alir *V-Funnel* sebesar 8 detik dan PET 15% memiliki nilai alir sebesar 11,46 detik. Keduanya masih memenuhi syarat SCC yaitu sebesar 6-12 detik. Untuk Gambar 2.17 pengujian L-Box akan

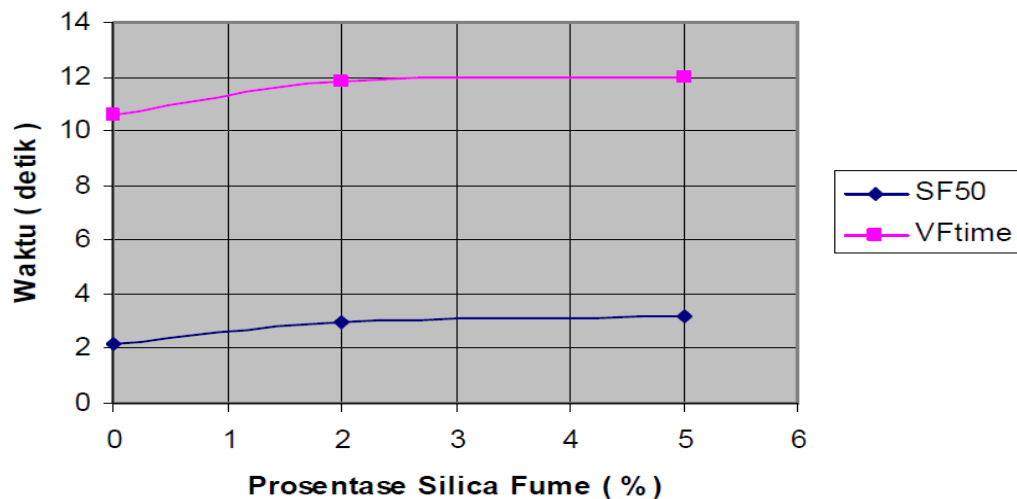
meningkat seiring dengan peningkatan kadar PET. PET 5% memiliki rasio *L-Box* sebesar 0,89 sedangkan PET 15% sebesar 0,96. Keduanya masih memenuhi syarat SCC yaitu sebesar 0,8-1,0.

Tabel 2.30 Hasil pengujian kuat tekan (Hayu, 2016)

Hari Pengujian	Inovasi SCC (MPa)		
	PET 0%	PET 5%	PET 15%
21	35,554	47,831	20,153
28	37,425	50,348	21,214

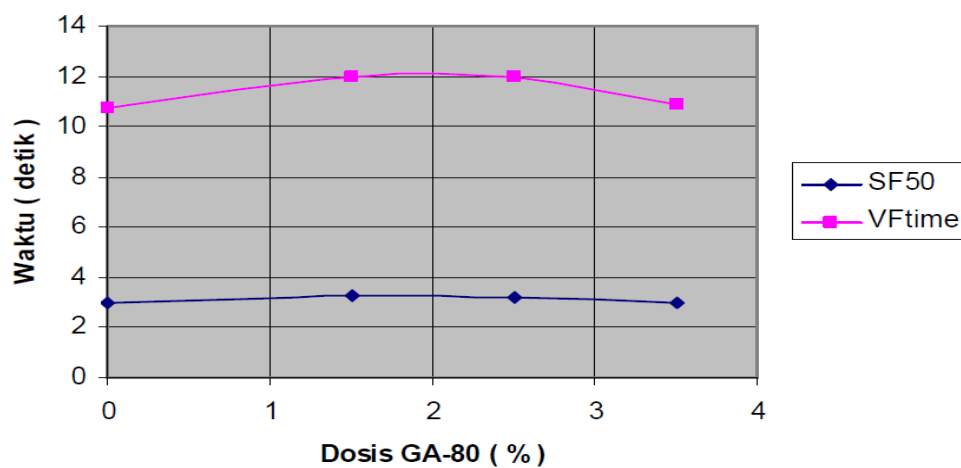
Dari tabel 2. 30 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton pada PET 5% lebih baik dibanding dengan PET 15%. Hal ini disebabkan karena dengan komposisi tersebut masing memungkinkan terjadinya ikatan yang baik antara material penyusun beton dengan PET. Semakin banyak komposisi PET maka data lekat antar material penyusun beton akan semakin kecil. Daya lekat yang baik tentu akan meningkatkan kuat tekan beton dan juga porositas beton itu sendiri.

Sugiharto dkk. (2006) melakukan penelitian berjudul penelitian mengenai peningkatan kekuatan awal beton pada *self compacting concrete*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan komposisi *High Early Strength Self Compacting Concrete* (HESSCC) yang optimal, melihat performa *admixtures Glenium Ace-80* dan *Silica Fume Rheomac SF 100* pada *High Early Strength Self Compacting Concrete* (HESSCC), dan melihat peningkatan kekuatan beton pada *High Early Strength Self Compacting Concrete*(HESSCC) sampai dengan umur beton 28 hari. penelitian ini menggunakan vairasi sebagai berikut, prosentase penggunaan *silica fume* sebesar 0%, 2%, dan 5% dengan dosis *hyperplasticizer* tetap sebesar 2,5%, dan dosis *hyperplasticizer glenium ace-80* sebesar 0%, 1,5%, 2,5%, dan 3,5% dengan prosentase *silica fume* tetap sebesar 5%. Hasil pengujian pada penelitian ini terdiri dari dua bagian, yaitu beton segar dan beton keras. Pada saat dilakukan pengujian *fillingability* dan *passingability* pada beton segar, dilakukan pula pengamatan visual pada campuran beton untuk melihat efek segregasi. Pada beton keras dilakukan pengujian terhadap kuat tekan beton yang dilakukan pada umur 1, 3, 7, 14, dan 28 hari.



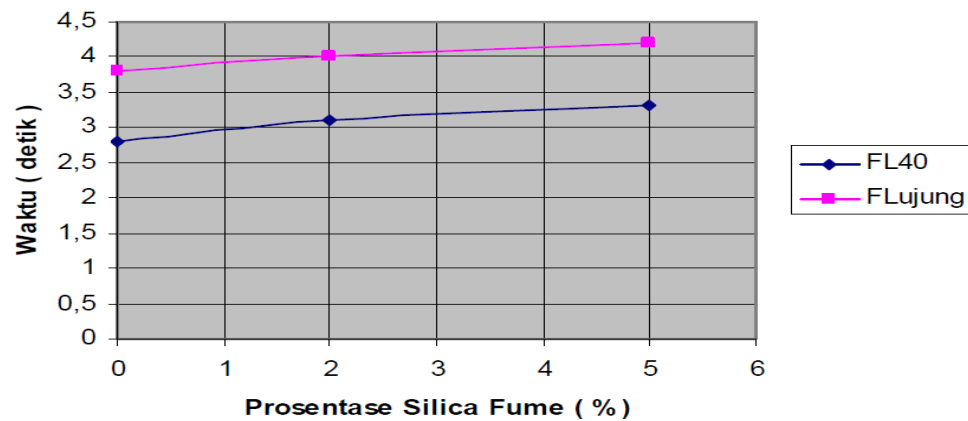
Gambar 2.18 Hubungan pengaruh *binder* terhadap *fillingability* dengan prosentase *silica fume* dari beton (Sugiharto dkk., 2006)

Gambar 2.18 menunjukan dengan semakin meningkatnya penggunaan *silica fume*, tingkat *fillingability* dari campuran beton semakin menurun. Hal ini diindikasikan dengan SF50 (waktu yang dibutuhkan campuran beton untuk mencapai diameter *Slump Flow* 50 cm) maupun  $VF_{time}$  (waktu yang dibutuhkan campuran beton untuk keluar dari alat *V-Funnel* yang lebih lama).



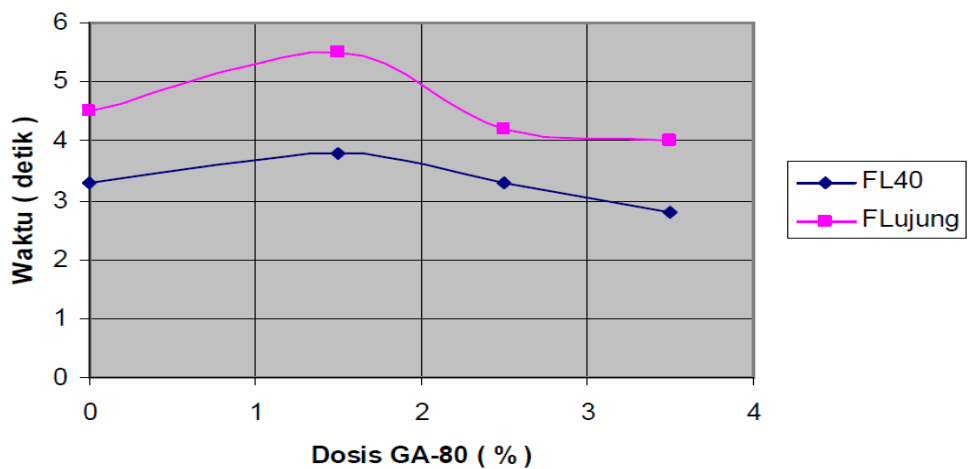
Gambar 2.19 Hubungan pengaruh dosis *glenium ace-80* terhadap *fillingability* (Sugiharto dkk., 2006)

Gambar 2.19 menunjukan semakin besarnya penggunaan *Glenium Ace-80* tingkat *fillingability* dari campuran beton cenderung meningkat. Komposisi yang tidak menggunakan *Glenium Ace-80* memiliki tingkat *passingability* yang baik karena dilakukan penambahan air yang besar untuk mencapai kriteria SCC.



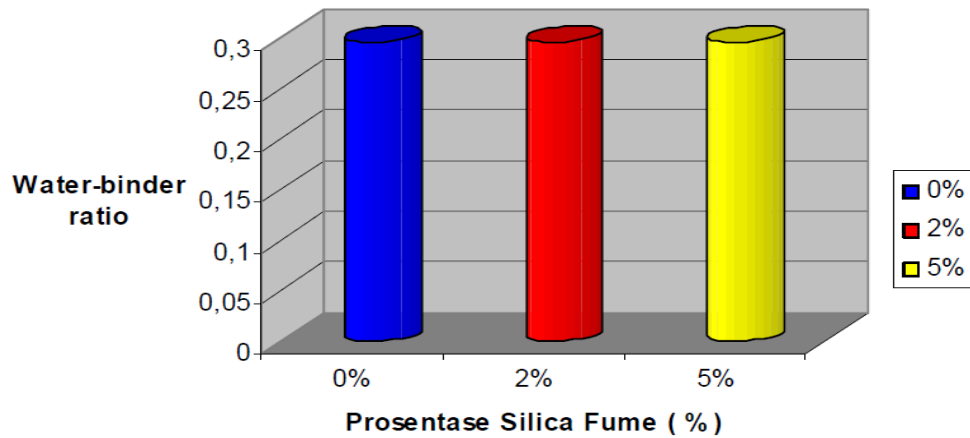
Gambar 2.20 Hubungan pengaruh *blinder* terhadap *passingability* dengan *silica fume* (Sugiharto dkk., 2006)

Gambar 2.20 menunjukan semakin meningkatnya penggunaan *silica fume*, maka tingkat *passingability* dari campuran beton cenderung menurun. Hal ini diindikasikan dengan  $FL_{40}$  (waktu yang dibutuhkan campuran beton untuk mencapai jarak 40 cm dari ujung dalam alat) dan  $FL_{ujung}$  (waktu yang dibutuhkan campuran beton untuk mencapai ujung luar alat) yang lebih lama.

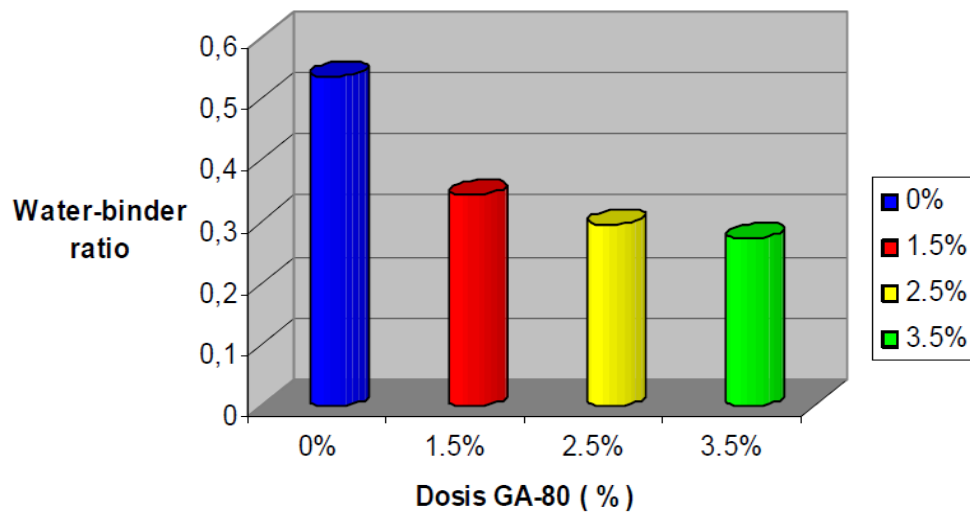


Gambar 2.21 Hubungan pengaruh dosis *glenium ace-80* terhadap *passingability* (Sugiharto dkk., 2006)

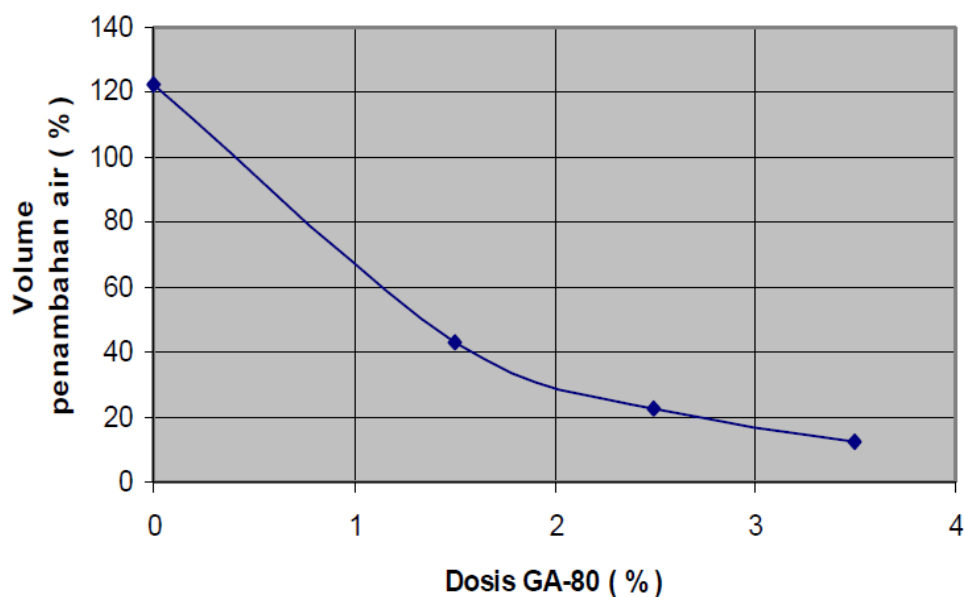
Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.21 pengaruh penggunaan *Glenium Ace-80* terhadap *passingability*, memiliki kecenderungan yang sama dengan pengujian *fillingability* di mana tingkat *passingability* meningkat seiring dengan penambahan dosis *Glenium Ace-80*.



Gambar 2.22 Hubungan pengaruh prosentase *silica fume* terhadap *water-binder ratio* (Sugiharto dkk., 2006)

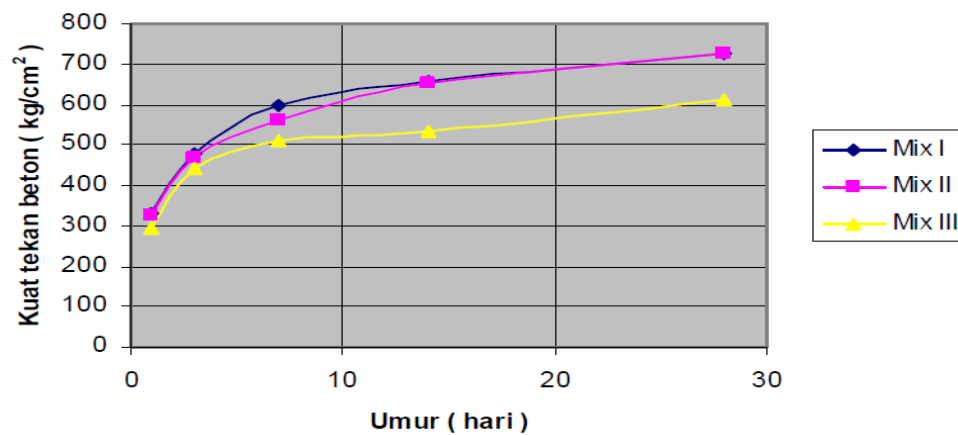


Gambar 2.23 Hubungan pengaruh prosentase *glenium ace-80* terhadap *water-binder ratio* (Sugiharto dkk., 2006)

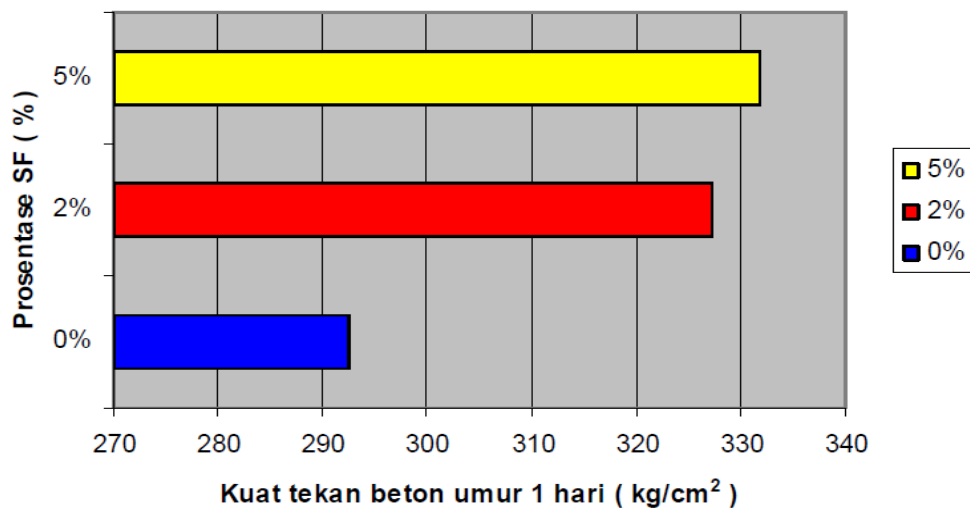


Gambar 2.24 Hubungan antara penambahan air dengan dosis *glenium ace-80* pada campuran beton (Sugiharto dkk., 2006)

Penggunaan *silica fume* dalam jumlah kecil tidak mempengaruhi nilai *water-binder ratio* (Gambar 2.22), sedangkan *Glenium Ace-80* sangat dominan pengaruhnya pada nilai *water-binder ratio* (Gambar 2.23). Penambahan dosis *Glenium Ace-80* dapat mengurangi penambahan air (Gambar 2.24), akan tetapi penambahan dosis *Glenium Ace-80* lebih dari 3,5% dapat menimbulkan efek negatif seperti segregasi dan *bleeding*. Komposisi Mix I (SF 5% & GA-80 2.5%) dan Mix II (SF 2% & GA-80 2.5%) mampu memenuhi target kekuatan awal sebesar 300 kg/cm<sup>2</sup> untuk umur beton 1 hari dan kekuatan akhir sebesar 600 kg/cm<sup>2</sup> untuk umur beton 28 hari (Gambar 2.25), sedangkan komposisi Mix III (SF 0% & GA-80 2.5%) tidak mampu memenuhi target kekuatan awal (Gambar 2.26) tetapi masih memenuhi target kekuatan akhir. Secara umum penggunaan *silica fume* dapat meningkatkan kekuatan beton rata rata sebesar 5-20% disetiap umurnya.



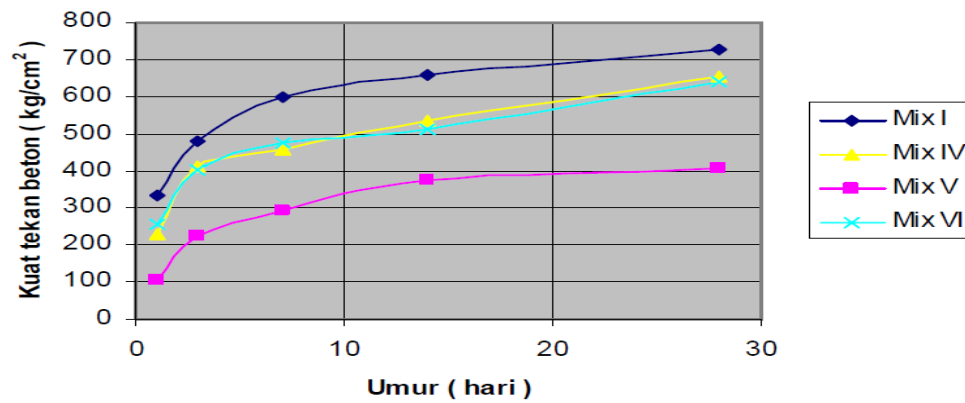
Gambar 2.25 Hubungan antara kuat tekan beton terhadap umur beton (Sugiharto dkk., 2006)



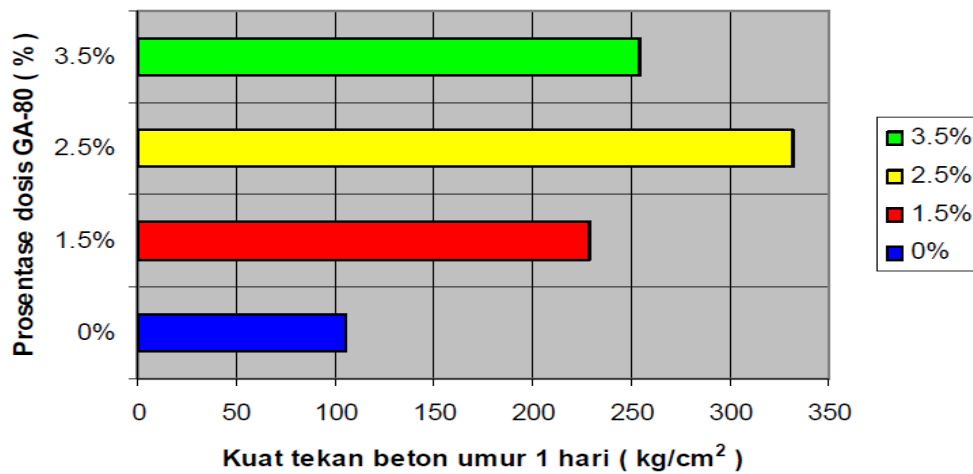
Gambar 2.26 Hubungan antara kuat tekan beton umur 1 hari terhadap prosentase penggunaan *silica fume* (Sugiharto dkk., 2006)

Pengaruh *Glenium Ace-80* sangat dominan terhadap kuat tekan beton, dimana hanya komposisi Mix I (SF 5% & GA-80 2.5%) yang mampu memenuhi target kekuatan awal dan akhir beton, sedangkan pada Mix IV (SF 5% & GA-80 1.5%) dan Mix VI (SF5% & GA-80 3.5%) hanya mampu memenuhi target kekuatan akhir beton dan pada Mix V (SF 5% & GA-80 0%), beton tidak mampu memenuhi target kekuatan baik awal maupun akhir (Gambar 2.27). Mix IV (SF 5% & GA-80 3.5%) tidak mampu memenuhi target kekuatan awal (Gambar 2.28), hal ini disebabkan karena adanya efek segregasi dan *bleeding* pada campuran beton akibat penggunaan *Glenium Ace-80* yang terlalu banyak (*overdosis*).





Gambar 2.27 Hubungan antara kuat tekan dengan umur beton (Sugiharto dkk., 2006)



Gambar 2.28 Hubungan antara kuat tekan beton umur 1 hari terhadap dosis *glenium ace-80* (Sugiharto dkk., 2006)

### 2.1.6. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Terdapat beberapa perbedaan pada penelitian terdahulu dan sekarang mengenai beton dengan bahan tambah serat *polypropylene* dan penelitian lainnya mengenai beton *self compacting concrete* (SCC) dengan penambahan varisai pada campurannya, sebagai berikut.

Tabel 2.31 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang

No	Penelitian	Perbedaan Komposisi yang Digunakan pada Penelitian	
		Terdahulu	Sekarang
1	Studi Pengaruh Serat <i>Polypropylene</i> (PP) Terhadap Kekuatan Beton SCC (Akkas dkk., 2013)	Persentase serat <i>polypropylene</i> yang digunakan sebesar 0%, 1,25%, 2,5%, 3,5%, dan 5% dari berat semen, pengujian ini meliputi pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton yang dilakukan pada saat umur beton 28 hari	Persentase serat <i>polypropylene</i> yang digunakan sebesar 1%, 1,5%, dan 2% dari berat semen, pengujian ini meliputi pengujian kuat tekan beton dan dilakukan pengujian pada umur beton 7, 14, dan 28 hari
2	Efek Penambahan Serat <i>Polypropylene</i> Terhadap Daya Lekat dan Kuat Lentur Pada Rehabilitasi Struktur Beton dengan <i>Self-Compacting Repair Mortar</i> (Santosa dan Widodo, 2010)	Penelitian ini menggunakan variasi serat sebanyak 0 kg/cm <sup>3</sup> , 1 kg/cm <sup>3</sup> , 2 kg/cm <sup>3</sup> , dan 3 kg/cm <sup>3</sup> . Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15cm dan balok 50x10x10cm.	Penelitian ini menggunakan variasi serat <i>polypropylene</i> sebesar 1%, 1,5%, dan 2%. Beda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
3	Penggunaan Serat <i>Polypropylene</i> untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton (Kartini, 2007)	Variasi serat <i>polypropylene</i> yang digunakan sebanyak 0 kg/m <sup>3</sup> , 0,3 kg/m <sup>3</sup> , 0,6 kg/m <sup>3</sup> dan 0,9 kg/m <sup>3</sup> dari campuran beton dan diuji pada saat umur beton mencapai 28, 56 dan 90 hari. Pengujian ini meliputi kuat tarik belah beton	Variasi serat yang digunakan sebanyak 1%, 1,5%, dan 2% dari berat semen, dan di uji pada saat umur beton mencapai 7, 14, dan 28 hari. Pengujian ini meliputi kuat tekan beton.

Berdasarkan perbedaan diatas membuktikan bahwa penelitian yang berjudul Analisis Kuat Tekan Beton *Self Compacting Concrete* dengan Bahan

Tambah Kaolin dan Variasi Serat *Polypropylene* ini menurut sepengetahuan penulis belum pernah diteliti sebelumnya dan dijamin keasliannya.

### **2.2.1. Landasan Teori**

#### **2.2.2. Beton**

Beton merupakan campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat (BSN, 1990c). Beton umum digunakan pada konstruksi karena mempunyai banyak keuntungan antara lain bahan baku yang mudah didapat, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, mampu memikul beban yang berat, biaya pemeliharaan yang kecil, mempunyai kuat desak yang besar (Kartini, 2007)

Beton normal adalah beton yang memiliki berat isi (2200–2500) kg/m<sup>3</sup> menggunakan agregat alam yang dipecah. Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat beton yaitu : semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Sebelum mencampur bahan–bahan pengisi beton harus di lakukan pengujian terdahulu pada bahan-bahan penyusun beton agar memenuhi spesifikasi untuk menjadi beton yang baik. Pengujian yang dilakukan pada bahan–bahan tersebut adalah pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar dan agregat halus. Didalam pembuatan beton segar ada yang dinamakan uji *slump* yaitu untuk mengetahui ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam mm ditentukan dengan alat kerucut abram (BSN, 1990c) tentang pengujian slump beton semen (Portland).

#### **2.2.3. Bahan Penyusun Beton**

##### **2.2.2.1 Semen**

Berdasarkan BSN (2002) mengenai bahan semen pada beton, semen yang dapat digunakan untuk pembuatan beton memerlukan jenis semen yang ditentukan dalam standar Umum Bahan Bangunan Indonesia serta memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan dan jika dalam pembuatan beton menggunakan semen pozzolan, maka semen tersebut harus memenuhi syarat mutu, kimia dan fisika. Semen pozzolan merupakan campuran semen portland dengan bahan pozzolan yang berupa kapur dan tras. Kecepatan pertambahan kekuatan semen pozzolan lebih rendah dari pada semen portland konvensional, terutama pada suhu rendah. Semen pozzolan mempunyai tahanan yang lebih tinggi terhadap disintegrasi kimia daripada semen portland dasar yang dikandungnya. Ketahanannya terhadap agres

sulfat mirip dengan semen portland tahan sulfat. Selain hal tersebut diatas semen pozzolan relative murah dibandingkan semen Portland.

Menurut BSN (2002) semen Portland dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut ini.

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

Unsur-unsur penyusun semen adalah sebagai berikut :

Bahan dasar penyusun semen terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silica dan oksida besi. Unsur-unsur tersebut menjadi unsure pokok dari semen, sebagai berikut.

Tabel 2.32 Susunan unsur semen (BSN, 2002)

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO <sub>2</sub> )	17 – 25
Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3 – 8
Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO <sub>3</sub> )	1 – 2
Potash (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)	0,5 – 1

#### 2.2.2.2 Air

Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada di dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta sehingga betonnya cair (*workable*). Air merupakan bahan yang penting pada beton yang menyebabkan terjadinya reaksi kimia dengan semen. Apabila terjadi keraguan akan kualitas air untuk campuran beton sebaiknya dilakukan pengujian kualitas air atau diadakan *trial mix*. Air adalah alat untuk mendapatkan kecairan yang cukup untuk penuangan beton. Jumlah air yang diperlukan untuk kecairan tertentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Hukum kadar air konstan mengatakan: Kadar air yang diperlukan untuk kelecakan tertentu hampir konstan tanpa tergantung pada jumlah semen, untuk kombinasi agregat halus dan kasar tertentu. Hukum ini tidak sepenuhnya berlaku untuk seluruh kisaran (*range*), namun cukup praktis untuk penyesuaian perencanaan dan koreksi.

### 2.2.2.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5mm. Kegunaan agregat halus sebagai mengisi ruang antara butir agregat kasar dan memberikan kecairan yang berfungsi *ballbearing*. Kecairan dalam arti menambah mobilitas sehingga mengurangi fraksi antar butir agregat kasar. Makin banyak makin baik, namun dari sudut lain menyebabkan kebutuhan semen semakin banyak.

Persyaratan mutu agregat halus (pasir) untuk beton yang terdapat pada (BSN, 1990a), adalah sebagai berikut ini.

- 1) Butirannya tajam, kuat dan keras.
- 2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut ini.
  - a. Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12% .
  - b. Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.

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

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

1) Pengujian gradasi agregat halus (pasir)

Menurut ASTM (1986), syarat gradasi agregat halus seperti yang tercantum dalam tabel 2.23, dimana agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya.

Tabel 2.33 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), dan

$C$  = 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 pada agregat halus (pasir). Berdasarkan SNI 03-1970-1990.

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

dengan :

$A$  = berat benda uji kering oven (gram), dan

$S$  = 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), dan

$B2$  = 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), dan

$V$  = volume Mould ( $m^3$ ).

#### 2.2.2.4 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang berupa kerikil hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari alat pemecah batu (*stone crusher*) yang mempunyai ukuran butir antara 5-40mm. Umumnya agregat kasar mempunyai modulus kehalusan antara 5-8 mm. Persyaratan mutu agregat kasar ialah terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori, mengandung butir-butir pipih yang dapat dipakai apabila jumlah butir-butir tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya, bersifat kekal dimana memiliki ketahanan terhadap pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan, sifat kekal terhadap larutan garam jenuh sulfat, tidak memiliki kandungan zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat-zat reaktif alkali, tidak mengandung lumpur > 1% terhadap berat keringnya, terdiri dari ukuran butir-butir yang bervariasi sesuai dengan ketentuan yang diisyaratkan dan besar butir agregat tidak lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, 1/3 dari tebal pelat atau 3/4 dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. (Karim, 2015)

Agregat pada umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok yaitu :

- 1) batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm,
- 2) kerikil, untuk besar butiran antara 5 mm dan 40 mm, dan
- 3) pasir, untuk besar butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

Tahapan pengujian agregat kasar antara lain sebagai berikut ini.

- a) Pengujian berat jenis agregat kasar (split).

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan mengetahui persentase berat air yang 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 kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram),

dan

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

- b) Penyerapan air agregat kasar (split)



Pengujian ini untuk 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 kering oven (gram), dan

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

a. Modulus Halus Butir (MHB)

Modulus halus butir (MHB) adalah suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Semakin besar nilai Modulus halus butir (MHB) suatu agregat maka semakin besar butiran agregatnya. Kehalusan dan kekasaran agregat dapat mempengaruhi kekecekan dari mortar beton. Modulus halus butir (MHB) didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal diatas satu set ayakan (38; 19; 6; 4; 1; 2; 0,6; 0,3; 0,15 mm), kemudian nilai tersebut dibagi dengan seratus (Ilsley, 194). Umumnya agregat halus mempunyai Modulus halus butir (MHB) sekitar 1,50 – 3,8 dan kerikil mempunyai Modulus halus butir (MHB) 5–8. Nilai ini dapat juga dipakai sebagai dasar untuk mencari perbandingan dari campuran agregat. Modulus halus butir (MHB) untuk nilai agregat campuranyang bisa dipakai berkisar 5,0–6,0. Hubungan ketiga nilai Modulus halus butir (MHB) tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

dengan :

$W$  = persentase berat agregat halus (pasir) terhadap berat agregat kasar (kerikil/batu pecah),

$K$  = modulus halus butir agregat kasar,

$P$  = modulus halus butir agregat halus, dan

$C$  = modulus halus butir agregat campuran.

### 2.2.3. Self Compacting Concrete (SCC)

Beton memadat mandiri (*self compacting concrete*, SCC) adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali. Beton ini, memanfaatkan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan *van admixture superplastiziser* untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat. Sekali dituang ke dalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip grafitasi, termasuk pada pengecoran beton dengan tulangan pembesian yang sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton. Saat ini *Self Compacting Concrete* (SCC) telah banyak digunakan dalam dunia konstruksi. Dimana banyak keuntungan yang dapat diperoleh yaitu diantaranya dapat menekan biaya, mutu dan waktu pengerjaan konstruksi yang cukup lama. Dengan tidak lagi dibutuhkannya pemadatan, maka dapat mengurangi tenaga kerja dan peralatan yang dibutuhkan, keuntungan lainnya seperti keamanan tenaga kerja dan penghematan waktu dapat ditingkatkan. Sedangkan dalam segi mutu *Self Compacting Concrete* (SCC) mempunyai banyak keunggulan yaitu dapat mengurangi permeabilitas dari beton sehingga permukaan beton menjadi lebih halus dan homogen. (Rusyandi dkk., 2012).

Dalam proses pembuatan *Self Compacting Concrete* (SCC) terdapat beberapa pengujian beton segar *Self Compacting Concrete* (SCC), sebagai berikut ini.

#### 1) *V-Funnel Test*

*V-Funnel Test* Dipakai untuk mengukur stabilitas beton segar dan sekaligus mengetahui *segregation resistance*. Menurut EFNARC (2002) kemampuan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut di ujung bawah alat ukur *V-funnel* diukur dengan besaran waktu antara 6 detik sampai 12 detik

#### 2) *L-Box Test*

Dipakai untuk mengetahui kriteria *passing ability* dari beton segar. Dengan menggunakan *L-Box*, dapat diketahui kemungkinan adanya *blocking*

beton segar saat mengalir, dan juga dapat dilihat ketebalan beton segar yang bersangkutan. Menurut EFNARC (2002) *L-Box test* akan didapat nilai *blocking ratio* yaitu nilai yang didapat dari perbandingan antara  $H2 / H1 \geq 0,8$ .

#### 2.2.4. Kaolin

Kaolin adalah sejenis lempung halus berwarna putih yang biasa digunakan sebagai bahan porselen tradisional. Kata awalan “Meta” merupakan istilah yang menunjukkan perubahan. Dalam metakaolin, perubahan yang terjadi adalah dehidroksilasi oleh pemberian panas dalam jangka waktu tertentu. Dehidroksilasi adalah reaksi dekomposisi kristal kaolin menjadi suatu struktur tidak teratur sebagian. Dehidroksilasi terjadi pada pemanasan suhu  $420^{\circ}\text{C}$ , pada  $100 - 200^{\circ}\text{C}$  kaolin kehilangan sebagian besar kandungan air kemudian sisanya melalui dehidroksilasi pada suhu  $500 - 800^{\circ}\text{C}$  (Dharmawan dkk., 2017)

Tabel 2.34 Hasil uji kaolin dibandingkan persyaratan standar keramik halus porselen berdasarkan SNI dan BGS (Garinas, 2009)

No	Standar Peryaratan	Bahan baku kaolin SNI. 0578-89-A	Kaolin Standar BGS	Hasil Uji Kaolin 1	Hasil uji kaolin 2
1.	Komposit Kimia (%)				
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	≤ 0,4	< 0,65	0,62	1,27
	TiO <sub>2</sub>	≤ 0,3	< 0,02	0,22	0,55
	CaO	≤ 0,8	< 0,07	0,017	0,52
	SO <sub>3</sub>	≤ 0,3	-	neg	Neg
2.	Komposisi mineral, (%)	Mineral Kaolinite	-	Kaolinite, Serisite	Kaolinit, Natroalunite, Kuarsa
3.	Besar Butir (≥ 80 %)	≥ 80 %	-	91,24	80,20
4.	Derajat keputihan ( <i>Brightness</i> , %)	≥ 90 %	-	90,3	89,6

#### 2.2.5. Superplasticizer (viscocrete-1003)

Dalam pembuatan beton *Self Compacting Concrete* dibutuhkan suatu zat aditif berupa *superplasticizer viscocrete-1003* yang merupakan sika dari tipe 1003. *Aditive* adalah bahan tambah baik berupa cairan atau mineral yang ditambahkan di

dalam beton pada saat pengadukan beton yang bertujuan untuk mengubah atau memperbaiki sifat-sifat dari beton sehingga dapat sesuai dengan bentuk, mutu tertentu dari beton yang diinginkan atau dapat juga ditujukan untuk mempercepat waktu dan menurunkan biaya pembuatan beton (Amiruddin dkk., 2014).

### 2.2.6. Polypropylene

Serat *polypropylene* merupakan bahan dasar yang umum digunakan dalam memproduksi bahan-bahan yang terbuat dari plastik. Pertama kali fiber digunakan dalam industri tekstil karena harganya murah dan dapat menghasilkan produk yang berkualitas. Material ini berbentuk filamen-filamen yang ketika dicampurkan dalam adukan beton untaian itu akan terurai. Serat jenis ini dapat meningkatkan kuat tarik lentur dan tekan beton, mengurangi retak-retak akibat penyusutan, meningkatkan daya tahan terhadap impact dan meningkatkan daktilitas (Kartini, 2007)

Menurut Kartini (2007) terdapat beberapa keuntungan penggunaan serat *polypropylene* dalam campuran beton, adalah sebagai berikut ini.

- 1) Perbaiki daya ikat matriks beton pada saat *pre-hardening stages* sehingga dapat mengurangi keretakan akibat penyusutan.
- 2) Perbaiki ketahanan terhadap kikisan.
- 3) Perbaiki ketahanan terhadap tumbukan.
- 4) Perbaiki ketahanan terhadap penembusan air dan bahan kimia.
- 5) Perbaiki keawetan beton.

### 2.1.7. Kuat Tekan Beton

Tujuan pengujian kuat tekan ini untuk memperoleh kuat tekan dengan prosedur yang benar. Pengujian dilakukan terhadap beton segar (*fresh concrete*) yang mewakili campuran beton, bentuk benda uji berwujud silinder ataupun kubus (BSN, 1990d). Hasil pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan berikut ini.

- a. Perencanaan 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 ( $kg$ ), dan

$A$  = luas penampang ( $cm^2$ ).