

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Adapun penelitian-penelitian terdahulu yang sudah dilakukan sebelumnya oleh peneliti-peneliti tentang *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 limbah kaca, abu ampas tebu, serbuk bata dan lain-lain. Berikut penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan.

1. *Self compacting geopolymer concrete with spend garnet as sand replacement* (Muttashar dkk., 2018)
2. *Self Compacting Concrete Procedure for Mix Design* (Aggarwal dkk., 2008)
3. Pemanfaatan Limbah Kaca dan Abu Sekam Padi Sebagai Powder Pada *Self Compacting Concrete* (Beton Memadat Sendiri) (Marhendi dan Yusup, 2017)
4. Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Pada *Self Compacting Concrete* (SCC) Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas (Kartini, 2009)
5. Pengaruh Penggunaan Mineral Lokal Zeolit Alam Terhadap Karakteristik *Self Compacting Concrete* (SCC) (Poerwadi, 2014)
6. Pengaruh Perubahan Ukuran Maksimum Agregat Kasar Terhadap Jumlah Semen Untuk Pembuatan Beton SCC Dengan Bahan Tambah SP430 dan RP260 (Amiruddin dkk., 2015)
7. Pengaruh Variasi Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap *Flowability* dan Kuat Tekan *Self Compacting Concrete* (Setyawan dkk., 2016)
8. Perancangan Campuran *Flow Mortar* Untuk Pembuatan *Self Compacting Concrete* Dengan FAS 0,5 (Maskur dkk., 2017)
9. Efek Penambahan Serat *Polypropylene* Terhadap Karakteristik Beton Segar Jenis *Self Compacting Concrete* (Widodo, 2014)
10. Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Bata Dan Serat Fiber Pada *Self Compacting Concrete* (SCC) (Safarizki, 2017)
11. *Durability Assessment of Self Compacting Concrete Incorporating Copper Slag as Fine Aggregates* (Sharman dan Khan, 2017)

2.2.1. Pengujian Terdahulu Tentang Agregat Kasar

Erviyanto dkk. (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abut Terbang (*Fly Ash*) dan Zat Adiktif (*Bestmittel*)” 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 0,549 %, penyerapan air sebesar 1,438 %, dan kadar lumpur sebesar 1,750 %.

Ikhsan dkk. (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Penambahan Pecahan Kaca Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus dan Penambahan Fiber Optik Terhadap Kuat Tekan Beton Serat” 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 0,549 %, penyerapan air sebesar 4,47 %, dan kadar lumpur sebesar 1,75 %.

Setyawan dkk. (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Variasi Penambahan Abu Ampas Tebu 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 21,360 %, kadar air sebesar 4,575 %, penyerapan air sebesar 1,423 %, gradasi agregat kasar sebesar 2,648 dan kadar lumpur sebesar 1,750 %. Hasil pengujian terdahulu agregat kasar yang berasal dari Clereng, Kabupaten Kulonprogo dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil pengujian agregat kasar Clereng (Erviyanto dkk., 2016; Ikhsan dkk., 2016; Setyawan dkk., 2016)

No	Jenis pengujian	Satuan	Penguji		
			Erviyanto	Ikhsan	Setyawan
1	Berat Jenis	-	2,63	2,63	2,63
2	Berat satuan	gr/cm ³	1,55	1,55	1,55
3	Keausan	%	21,36	21,36	21,36
4	Kadar air	%	0,549	0,549	4,575
5	Penyerapan air	%	1,438	4,47	1,423
6	Kadar lumpur	%	1,75	1,75	1,75

2.1.2. Pengujian Terdahulu Tentang Agregat Halus

Ikhsan dkk. (2016) dalam penelitiannya tentang “Pengaruh Penambahan Pecahan Kaca Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus dan Penambahan Fiber Optik Terhadap Kuat Tekan Beton Serat” melakukan penelitian agregat halus yang berasal dari Kali Progo. Pada penelitian tersebut didapat bahwa pasir Progo termasuk dalam zona gradasi butiran daerah 2 dengan modulus halus butir sebesar 2,648, berat jenis sebesar 2,58, berat satuan sebesar 1,31 gr/cm³, kadar air sebesar 4,575 %, penyerapan air sebesar 0,26 %, dan kadar lumpur sebesar 4,532 %.

Ervianto dkk. (2016) dalam penelitiannya tentang “Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abut Terbang (*Fly Ash*) dan Zat Adiktif (*Bestmittel*)” melakukan penelitian agregat halus yang berasal dari Kali Progo. Pada penelitian tersebut didapat bahwa pasir Progo termasuk dalam zona gradasi butiran daerah 2 dengan gradasi agregat sebesar 2,648, berat jenis sebesar 2,59, berat satuan sebesar 1,31 gr/cm³, kadar air sebesar 4,575 %, penyerapan air sebesar 0,26 %, dan kadar lumpur sebesar 4,532 %.

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 penelitian tersebut didapat bahwa pasir progo termasuk dalam zona gradasi butiran daerah 2 dengan modulus halus butir sebesar 2,648, berat jenis sebesar 2,59, berat satuan sebesar 1,31 gr/cm³, kadar air sebesar 4,575 %, penyerapan air sebesar 0,26 %, dan kadar lumpur sebesar 4,532 %. Hasil pengujian agregat halus yang berasal dari Kali Progo, Kabupaten Kulonprogo dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hasil pengujian agregat halus Kali Progo (Ikhsan dkk., 2016; Ervianto dkk., 2016; Setyawan dkk., 2016)

No	Jenis pengujian	Satuan	Penguji		
			Ervianto	Ikhsan	Setyawan
1	Gradasi	-	daerah 2	daerah 2	daerah 2
2	Berat jenis	-	2,59	2,58	2,59
3	Berat satuan	gr/cm ³	1,31	1,31	1,31
4	Kadar air	%	4,575	4,575	4,575
5	Penyerapan air	%	0,26	0,26	0,26
6	Kadar lumpur	%	4,532	4,532	4,532

2.1.3. Penelitian Terdahulu *Self Compacting Concrete*

Marhendi dan Yusup (2016) melakukan penelitian tentang manfaat limbah kaca dan abu sekam padi sebagai bahan tambah pada *self compacting concrete*. Pada penelitian ini menggunakan limbah kaca didapat dari kaca bus yang tidak terpakai lagi dan dihaluskan sampai lolos saringan no 40, sedangkan abu sekam padi didapat dari hasil pembakaran sekam pada industri batu bata kemudian disaring menggunakan saringan ukuran 50. Perencanaan campuran pada penelitian ini menggunakan metode SNI dikombinasikan dengan metode trial *mix design*, didapat komposisi material untuk 1 m³ beton adalah agregat kasar sebanyak 885 kg, agregat halus sebanyak 612,75 kg, abu batu sebanyak 204,25 kg, semen sebanyak 543 kg, penggunaan abu sekam padi dan limbah kaca sebanyak 10% mengurangi kebutuhan semen, faktor air semen sebesar 0,375, dan master glenium sebanyak 1,5% dari jumlah semen. Perhitungan *mix design* dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan pada Tabel 2.2 proporsi material *mix design*. Pada penelitian ini di dapat nilai *slump flow* sebesar 770 mm sehingga masuk kriteria beton SCC yang disyaratkan menurut EFNARC yaitu antara 650-800 mm. Pengujian ini menggunakan 3 buah cetakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dari ketiga benda uji tersebut didapat kuat tekan beton rata-rata sebesar 15,02 MPa pada umur 1 hari dan dikonversi menjadi 28 hari sebesar 44,2 MPa. Hasil pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini cukup tinggi seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.3. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa limbah kaca dan abu sekam padi bisa menjadi inovasi dibidang kosntruksi sebagai material pengganti sebagian semen.

Tabel 2.3 Perhitungan *mix design* (Marhendi dan Yusup, 2016)

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan rencana 28 hari	60	MPa
2	Deviasi Standar (s)	3,5	MPa
3	Nilai tambah (m)	5,74	MPa
4	Kuat tekan rata-rata (fcr')	65,74	MPa
5	Jenis semen	PCC	
6	Jenis agregat kasar	pecah	
	Jenis agregat halus	alami	
7	Faktor air semen	0,375	
8	Nilai slump flow	65-80	cm

Tabel 2.4 Perhitungan *mix design* (Marhendi dan Yusup, 2016) (Lanjutan)

9	Ukuran maksimum agregat kasar	20	mm
10	Kebutuhan air	203,63	liter
11	Kebutuhan semen portland	543	Kg
12	Daerah gradasi agregat halus	daerah 2	
13	Persen berat agregat halus	48%	
14	Berat jenis agregat campuran	2,57	
15	Berat jenis beton	2.435	Kg/m ³
16	Kebutuhan agregat	1.702	Kg/m ³
17	Kebutuhan agregat halus	817	Kg/m ³
18	Kebutuhan agregat kasar	885	Kg/m ³

Tabel 2.5 Proporsi material *mix design* (Marhendi dan Yusup, 2016)

Volume	Berat Total (Kg)	Air (liter)	Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Zat Aditif (liter)
1 m ³	2,435	203,63	543	817	885	8,15
Proporsi adukan		0,375	1,000	1,505	1,63	0,015

Tabel 2.6 Hasil pengujian kuat tekan beton (Marhendi dan Yusup, 2016)

No sample	Berat (Kg)	Bacaan jarum (KN)	Kuat tekan umur 1 hari (MPa)	Konversi 28 hari (MPa)
1	12,07	265	15,04	44,26
2	12,12	275	15,58	45,82
3	12,02	255	14,45	42,5
Rata-rata			15,02	44,2

Maskur dkk. (2017) melakukan penelitian tentang perancangan campuran flow mortar pada pembuatan beton SCC dengan nilai faktor air semen 0,5. Mortar merupakan komponen penting dalam *self compacting concrete* karena mempunyai kemampuan mengalir (*flow mortar*). Kemampuan mengalir pada *flow mortar* meningkatkan kemampuan mengisi celah diantara agregat kasar sehingga membuat kemampuan beton bertambah. Beton SCC membutuhkan FAS yang rendah, kekentalan beton SCC didapat dari kadar *superplasticizer*. Sebenarnya FAS 0,5 tergolong tinggi dalam beton SCC, tetapi paling umum digunakan pada pembuatan beton normal, sehingga dibutuhkan pengujian yang lebih mendalam tentang kadar *superplasticizer* pada campuran nilai FAS dimaksud. Perencanaan

campuran pada penelitian ini menggunakan metode trial, langkah pertama yaitu merancang campuran mortar dengan *trial* dosis *superplasticizer*, langkah kedua yaitu dengan *trial* pada rasio volume absolut mortar terhadap volume agregat kasar. Hasil penelitian ini yaitu kadar mortar optimum *superplasticizer* terhadap mortar sebesar 0,3% dari volume semen dan nilai *flow* sebesar 27 cm, kuat tekan beton pada umur 28 hari yaitu 55,34 MPa. Sedangkan kuat tekan beton umur 28 hari pada rasio 1,6 kali volume absolut mortar terhadap volume rongga agregat kasar sebesar 40,43 MPa dan rasio 1,8 sebesar 53,16 MPa.

Poerwadi dkk. (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh karakteristik *self compacting concrete* dengan bahan tambah mineral lokal zeolit alam. Zeolit alam merupakan sebagian mineral anorganik yang terdapat di Indonesia, kandungan kimia zeolit alam hampir sama dengan kandungan kimia yang terdapat pada abu terbang dan ada beberapa unsur kimia yang terdapat pada semen. Dalam penelitian ini zeolit alam di dapat dari daerah Malang Selatan, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, kandungan kimia zeolit alam dapat di lihat pada Tabel 2.4. Dalam penelitian ini variasi zeolit alam yang digunakan sebesar 5%, 10%, 15% dan penggunaan *additon slump flow* sebesar 1,5% dari berat semen, FAS yang digunakan sebesar 0,49. Hasil pengujian kuat tekan beton optimum terdapat pada umur 28 hari yaitu sebesar 28,06 MPa dengan variasi zeolit alam sebesar 10%. Pengujian kuat tekan dan presentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.7 Kandungan kimia zeolit alam (Poerwadi dkk., 2014)

Komposisi Kimia	Presentase (%)
Silikon Dioksida (SiO ₂)	53,23
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	10,28
Ferri Oksida (Fe ₂ O ₃)	4,838
Kalsium Oksida (CaO)	27,69
Magnesium Oksida (Mgo)	1,59

Tabel 2.8 Presentase kenaikan kuat tekan beton (Poerwadi dkk., 2014)

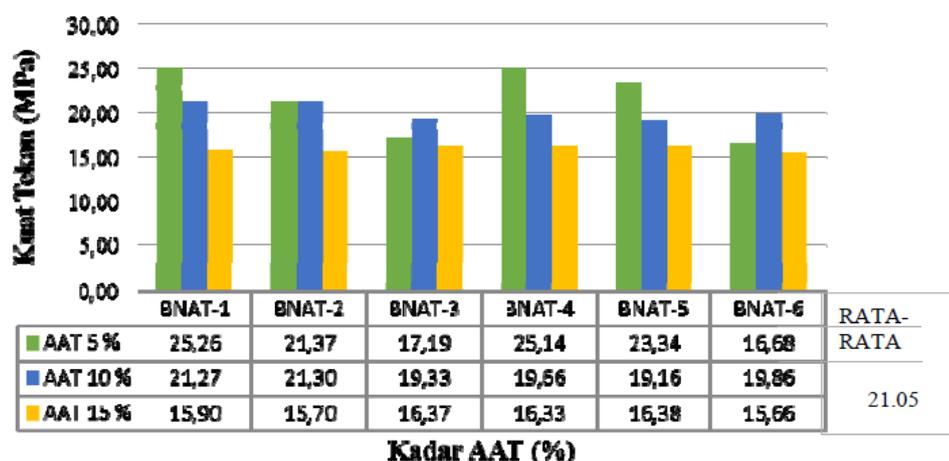
Kadar <i>Additon Slump flow</i>	Kadar Zeolit	Umur	Kuat tekan Rata-Rata (MPa)	Prosentase Kenaikkan (%)
	0%	3	8,47	
		7	14,78	

Tabel 2.9 Presentase kenaikan kuat tekan beton (Poerwadi dkk., 2014) (Lanjutan)

		14	17,99	
		21	20,59	
		28	25,23	
	5%	3	10,04	18,49
		7	15,38	4,09
		14	19,33	7,45
		21	21,42	4,03
	1,5%	28	25,74	2,02
	10%	3	12,3	45,21
		7	17,65	19,41
		14	21,65	20,36
		21	23,84	15,77
		28	29,06	11,22
	15%	3	11,21	32,29
		7	16,7	13,03
		14	19,93	10,81
		21	22,06	7,15
		28	26,76	6,06

Setyawan dkk. (2016) melakukan penelitian tentang *flowability* dan kuat tekan *self compacting concrete* dengan variasi penambahan abu ampas tebu. Abu ampas tebu didapat dari sisa pembakaran ampas tebu. Kandungan kimia dari abu ampas tebu terdapat beberapa unsur kimia yang ada dalam kandungan semen sehingga dapat digunakan untuk pengganti sebagian semen. Abu ampas tebu memiliki butiran yang relatif kecil sehingga dapat mengisi lubang pori pada beton dan dapat meningkatkan *workability* beton. Variasi abu ampas tebu dalam penelitian ini sebesar 5%, 10% dan 15% dan penambahan *viscocrete* dengan variasi 1,2%, 1,4% dan 1,6% dari berat semen. Metode pengujian beton segar pada penelitian ini menggunakan standar yang telah ditetapkan oleh EFNARC yaitu metode pengujian *slump flow*, *J-ring*, *V-funnel* dan *L-box*. Hasil penelitian ini menunjukkan 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 rata-rata maksimal pada umur beton 28 hari didapat pada variasi abu ampas tebu 5% sebesar 21,50 MPa. Abu ampas tebu dapat digunakan sebagai campuran beton dengan variasi penambahan maksimum

5%, karena jika lebih dari 5% kuat tekan beton mengalami penurunan. Hasil perbandingan kuat tekan beton dengan penambahan variasi abu ampas tebu bisa dilihat pada Gambar 2.1.



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

Safarizki (2017) melakukan penelitian tentang pengaruh beton *self compacting concrete* dengan bahan tambah serbuk bata dan serat fiber sebagai agregat halus dalam campuran beton. *Self compacting concrete* dituntut memiliki *workability* yang baik dan memiliki kuat tekan yang tinggi pada umur awal beton. Pada penelitian ini digunakan bahan tambah serbuk bata dan serat fiber agar diketahui manfaat bahan-bahan tersebut sehingga dapat digunakan pada bidang konstruksi. Metode campuran beton yang digunakan pada penelitian ini yaitu *trial mix* dengan dasar *mix design* beton normal dengan mutu K350, komposisi campuran *trial mix* beton dapat dilihat pada Tabel 2.6. Hasil penelitian ini menunjukkan bahan tambah serbuk bata dan serat fiber dapat meningkatkan nilai *slump flow* dari 120 mm menjadi 670 mm, nilai *slump flow* meningkat secara signifikan dan kuat tekan beton pada umur 1 hari meningkat dari 5,43 MPa menjadi 6,17 MPa. Hasil kuat tekan beton dapat di lihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.10 Komposisi campuran beton (Safarizki, 2017)

Volume	Semen (kg)	Pasir 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 2.11 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

Widodo (2014) melakukan penelitian tentang efek karakteristik *self compacting concrete* dengan bahan tambah serat *polypropylene*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek bahan tambah serat *polypropylene* terhadap *flowability*, *viscosity*, *passing ability* dan ketahanan *segregasi self compacting concrete*. Variasi serat *polypropylene* sebesar 0,00%, 0,05%, 0,10%, dan 0,15% berdasarkan pada volume beton. *Mix design* dalam penelitian ini direncanakan berdasarkan usulan EFNARC (2005) dan Nan Su, et al (2001), *mix design* penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.8. Hasil dari penelitian ini yaitu bahan tambah serat *polypropylene* dapat mengurangi *flowability* SCC, meningkatkan viskositas SCC, berkurangnya *passing ability* SCC, tetapi pada penambahan 0% sampai 0,10% kondisi SCC masih dapat dicapai dan penambahan serat *polypropylene* 15% tidak dapat memenuhi syarat minimal *flowability* SCC dengan nilai *slump flow* sebesar 428 mm, melampaui batas maksimal *viskositas* SCC, tidak dapat memenuhi minimal *passing ability* SCC dengan beda elevasi sebesar 10,6 mm. Berkurangnya rasio segregasi SCC pada semua variasi bahan tambah serat *polypropylene*. Pengaruh penambahan serat *polypropylene* terhadap sifat beton SCC dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.12 *Mix design* beton SCC (Widodo, 2014)

Material	Persentase penambahan serat <i>polypropylene</i>			
	0,00%	0,05%	0,10%	0,15%
<i>Polycarboxylate</i> (lt/m ³)	4,80	4,80	4,80	4,80
Air (lt/m ³)	212,00	212,00	212,00	212,00
Semen (Kg/m ³)	435,00	435,00	435,00	435,00
Silica fume (Kg/m ³)	48,00	48,00	48,00	48,00
Agregat kasar (Kg/m ³)	648,00	648,00	648,00	648,00
Agregat halus (Kg/m ³)	926,00	926,00	926,00	926,00
Serat <i>polypropylene</i> (Kg/m ³)	0,00	0,45	0,90	1,35
Berat total (Kg/m ³)	2273,4	2273,85	2274,3	2274,75

Tabel 2.13 Pengaruh penambahan serat polypropylene terhadap sifat beton SCC (Widodo, 2014)

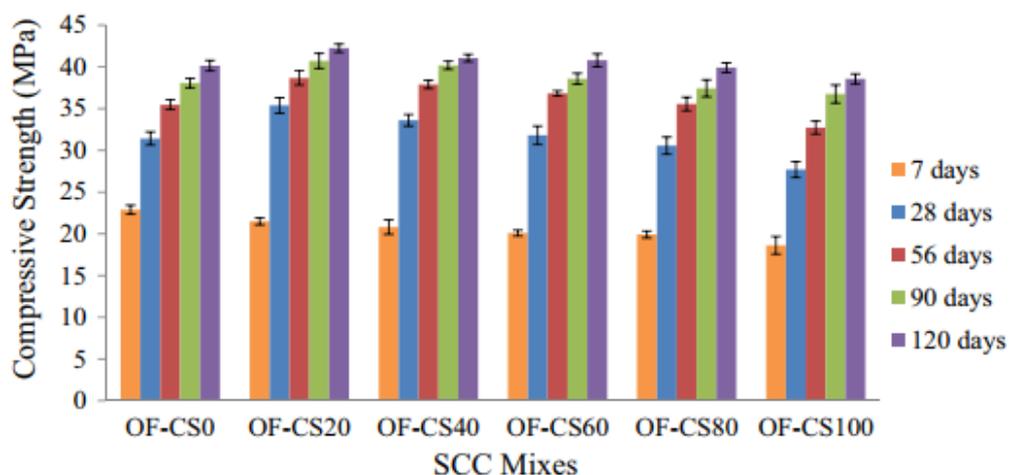
<i>Volume fraction</i> serat <i>polypropylene</i> (%)	<i>Flowability/</i> <i>slump flow</i> (mm)	<i>Viskositas/</i> <i>T₅₀₀ time</i> (mm)	<i>Passing ability/</i> <i>J-ring test</i> (mm)	Ketahanan <i>segregasi/GTM</i> <i>screen stability</i> (%)
0,00	748,33	1,03	4,00	4,24
0,05	686,67	1,13	7,00	1,16
0,10	556,67	1,40	7,92	0,82
0,15	428,33	tak terukur	10,58	0,76

Kartini (2009) melakukan penelitian tentang pengaruh kuat tekan dan modulus elastisitas pada *self compacting concrete* dengan bahan tambah berupa *fly ash*. Pada *self compacting concrete* memerlukan bahan tambah *fly ash* yang berguna untuk meningkatkan *flowability* dan *workability*. Pada penelitian ini *fly ash* didapat dari limbah pembakaran batu bara, diharapkan pada penelitian *self compacting concrete* ini limbah tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimum. Variasi *fly ash* yang di gunakan pada penelitian ini sebesar 10%, 20%, 30% dan 40% dari berat binder, dan bahan tambah berupa bahan kimia *viscocrete-1003* dengan variasi 1 % dari berat binder. *Mix design* pada penelitian ini menggunakan metode *mix design* yang diteliti PT.Sika dengan FAS 0,41 dan berat binder 550 Kg/m³. Hasil dari penelitian ini yaitu semakin banyak bahan tambah *fly ash* yang digunakan maka semakin menurun tingkat *flowability* dan *workability*, dan pengaruh bahan tambah *fly ash* yang paling efektif yaitu sebesar 10% dari berat binder di dapat kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 755,81 kg/cm² dan umur 56 hari sebesar 801,11 kg/cm², sedangkan nilai modulus elastisitas beton sbesar 42194,62 MPa. Hasil kuat tekan beton pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Hasil kuat tekan beton (Kartini, 2009)

Kadar <i>Fly Ash</i> (%)	Kuat Tekan (kg/cm ²)		
	7	28	56
0	530,77	679,39	702,04
10	501,05	755,81	801,11
20	403,39	585,96	631,26
30	382,16	543,51	585,97
40	292,99	416,13	467,08

Sharman dan Khan (2017) menjelaskan tentang Pemanfaatan terak tembaga sebagai bahan tambah untuk campuran *Self Compacting Concrete* sebagai pengganti pasir dengan presentase 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%. Terak tembaga merupakan limbah dari industri konstruksi karena tidak adanya lahan untuk pengelolaan limbah ini, maka dimanfaatkan sebagai bahan untuk campuran *Self Compacting Concrete*. Campuran beton ini menggunakan *Ordinary Portland cement* (OPC) atau semen *Portland* biasa dan *Fly Ash* (FA) digunakan sebagai pengganti semen sebesar 40%. Ke-enam campuran beton disiapkan dengan proporsi berbeda, dimulai dari 0% hingga 100%. Campuran 0% ditetapkan sebagai OF-CS0 dimana O adalah singkatan dari OPC dan F adalah *Fly Ash* kemudian CS0 adalah *Copper Slag* dengan presentase 0% dan selanjutnya hingga 100%. Penggunaan terak tembaga sebagai pengganti pasir membuat peningkatan terhadap sifat beton segar. Nilai aliran *slump flow* dan *L-box* berada pada SF2 dengan nilai antara 660-750 mm dan PA2 dengan nilai sebesar $\geq 0,80$, nilai T_{50} dan *V-funnel* berada pada kategori VS2 dengan nilai antara > 2 detik dan VF2 dengan nilai 9-25 detik. Pada Gambar 2.2 kuat tekan beton tertinggi berada pada umur 120 hari dengan substitusi pengganti pasir 20% dan turun pada substitusi 60% dikarenakan penggunaan bahan pengganti pasir (terak tembaga) yang terlalu banyak.



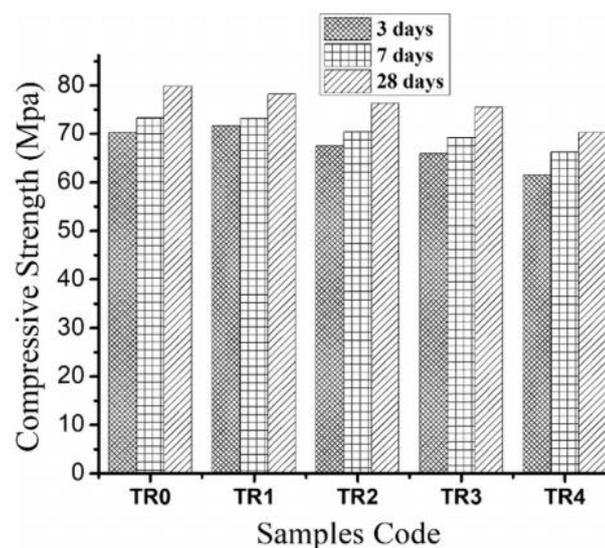
Gambar 2.2 Hubungan kuat tekan dengan campuran terak tembaga (Sharman dan Khan, 2017)

Muttashar dkk. (2018) dalam penelitiannya tentang garnet yang merupakan batu merah tua dan termasuk dalam jenis mineral silika dihancurkan menjadi

bubuk dan digunakan sebagai campuran SCC atau dalam penelitian ini disebut sebagai *Self Compacting Geopolymer Concrete (SCGPC)*. Garnet yang menjadi limbah *spin-off* dari operasi perawatan tetap menjadi masalah lingkungan utama di seluruh dunia. Sifat rekayasa yang kuat dari garnet menjadikan limbah ini untuk menawarkan kesempatan untuk mendapatkan bahan konstruksi yang efisien melalui daur ulang yang sesuai. Granet yang digunakan dalam pengujian ini disimpan didalam plastik dan diletakkan pada suhu yang terkontrol. Campuran granat sebagai pengganti pasir memiliki presentase 0% (TS0), 25% (TS1), 50% (TS2), 75% (TS3) hingga 100% (TS4). Proporsi campuran beton mengacu pada EFNARC. Hasil dari campuran granat terhadap SCGPC cukup baik, didapat kuat tekan tertinggi yaitu 79,84 MPa pada usia 28 hari, dapat dilihat pada Tabel 2.15 dan Gambar 2.7.

Tabel 2.15 Kuat tekan SCC berdasarkan campuran garnet (Muttashar dkk., 2018)

Mix	Kuat Tekan (MPa)		
	3 Hari	7 Hari	28 Hari
TR0	70,24	73,29	79,84
TR1	71,63	73,13	78,21
TR2	67,50	70,42	76,32
TR3	65,91	69,18	75,45
TR4	61,42	66,23	70,32

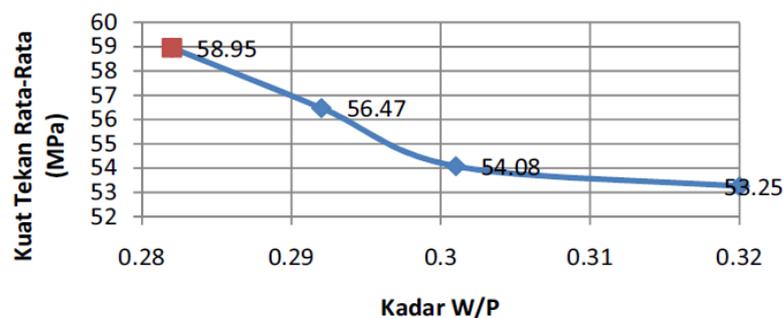


Gambar 2.3 Hubungan antara kuat tekan dan contoh kode campuran garnet (Muttashar dkk., 2018)

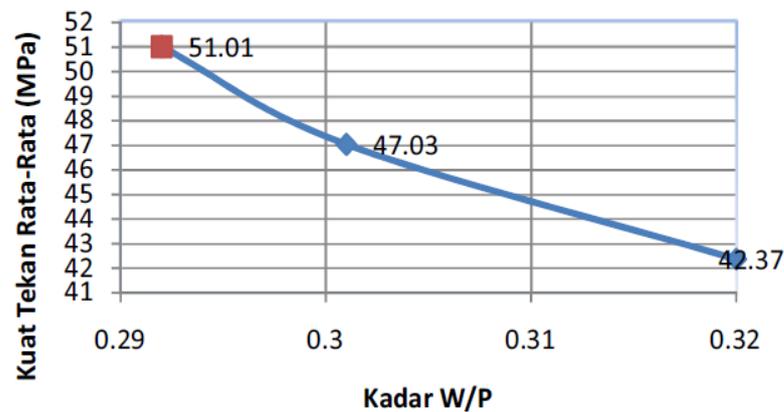
Herbudiman dan Siregar (2013) melakukan penelitian tentang interval rasio air powder pada *self compacting concrete* terhadap kuat tekan beton dan *flowability*. Rasio air powder dalam pembuatan beton SCC harus diperhatikan karena berpengaruh pada kuat tekan beton dan *flowabilitas*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *optimum* air powder pada beton SCC. Metode pencampuran beton pada penelitian ini menggunakan *trial mix* dan mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan bahan tambah *fly ash* sebesar 15% dan 30%. *Mix design* dapat di lihat pada Tabel 2.16. Hasil penelitian ini menunjukkan pada kadar *fly ash* 15 % rasio air powder yang disarankan sebesar 0,292-0,320 dengan nilai optimum 0,292 dan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 58,95 MPa dengan nilai *slump* sebesar 525 mm. Pada *fly ash* 30% rasio air powder yang disarankan sebesar 0,301-0,320 dengan nilai optimum 0,301, kuat tekan beton pada umur 28 hari sebesar 51,01 MPa dengan nilai *slump* sebesar 540 mm. Kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Tabel 2.16 *Trial mix design* (Herbudiman dan Siregar, 2013)

PCC	Kadar Fly Ash	Fly Ash	Agregat Halus	Agregat Kasar	Ratio W/P	Kadar Air	Kadar SP	Super-plasticizer
(kg/m ³)	(%)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)		(kg/m ³)	(%)	(kg/m ³)
451,56	15	79,69	927,54	769,31	0,32	170	1	5,31
451,56	15	79,69	927,54	769,31	0,30	160	1	5,31
451,56	15	79,69	927,54	769,31	0,28	150	1,8	9,56
451,56	15	79,69	927,54	769,31	0,29	155	1,8	9,56
371,87	30	159,38	927,54	769,31	0,32	170	1,2	6,38
371,87	30	159,37	927,54	769,31	0,30	160	1,2	6,38
371,87	30	159,38	927,54	769,31	0,29	155	1,8	9,56



Gambar 2.4 Kuat tekan rata-rata 28 hari terhadap kadar W/P dengan *fly ash* 15% (Herbudiman dan Siregar, 2013)



Gambar 2.5 Kuat tekan rata-rata 28 hari terhadap kadar W/P dengan *fly ash* 30% (Herbudiman dan Siregar, 2013)

Amiruddin dkk. (2014) melakukan penelitian tentang efek perubahan ukuran maksimum agregat kasar beton SCC terhadap volume semen dengan tambahan RP260 dan SP430. Dalam penelitian ini menggunakan material yang berasal dari Merak dengan ukuran yang lebih kecil supaya menunjang kinerja beton SCC menjadi tinggi, sedangkan untuk menunjang *viscositas* dan *workability* yang baik maka diberi penambahan zat aditif. Metode pencampuran dalam penelitian ini dengan memodifikasi dan *trial mix design* yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia. Komposisi campuran modifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.12. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan perubahan agregat kasar maksimum 10 mm maka ada penambahan semen sebanyak 15% pada beton normal, sedangkan pada beton SCC penambahan semen sebanyak 22% untuk memenuhi syarat beton SCC maka diberi tambahan zat aditif berupa RP260 dan SP430 masing-masing sebanyak 1,5 lt/m³. Hasil kuat tekan beton SCC rata-rata pada umur 28 hari sebesar 305 kg/cm². Hasil kuat tekan beton SCC dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.17 Modifikasi *mix design* (Amirudin dkk., 2014)

No	Uraian	SNI	Modifikasi 1	Modifikasi 2
1	Semen	411 kg	472 kg	501 kg
2	Agregat Kasar	1062 kg	1038 kg	559 kg
3	Agregat halus	572 kg	572 kg	1038 kg
4	FAS	0,5	0,3	0,3

Tabel 2.18 Hasil kuat tekan beton SCC (Amirudin dkk., 2014)

No	Umur Beton (Hari)		
	7	14	28
Kuat Tekan (kg/cm ²)			
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	11	195	311
9	121	195	305
10	118	195	300
Rata-rata	120	195	305

Raymond dkk. (2017) melakukan penelitian tentang mengoptimalkan kinerja kuat tekan pada *self compacting concrete*. Penelitian ini menggunakan bahan tambah limbah serbuk kaca dan *silica fume* sebagai pengganti sebagian semen. Bahan tambah serbuk kaca pada penelitian ini menggunakan variasi 10%, 15% dan 20% dari berat semen. Metode *mix design* pada penelitian ini menggunakan penelitian sebelumnya dari Taguchi, dan dilakukan pengujian beton segar dengan *L box*, *V funnel* dan *slump flow*. *Mix design* penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.14. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak bahan tambah serbuk kaca maka nilai *slump flow* semakin besar, pada penelitian ini di dapat nilai *slump flow* maksimum sebesar 80,5 cm dengan bahan tambah serbuk kaca sebesar 106,56 kg/m³. Kuat tekan beton maksimum pada umur 28 hari sebesar 56,34 MPa dengan bahan tambah *silica fume* sebesar 13,62 kg/m³ dan serbuk kaca sebesar 54,47 kg/m³. Hasil pengujian beton segar dan kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.19 *Mix design* beton SCC (Raymond dkk., 2017)

Codes	Cement	Glass Powder	Silica Fume	Water	Polycarboxylate ether	Polyhydroxy Carbon Salts	Fine Agregate	Coarse Agregat
	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(l/m ³)	(l/m ³)	(l/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
R1	612,75	54,47	13,62	170,21	5,11	1,36	897,6	739,8

Tabel 2.14 *Mix design* beton SCC (Raymond dkk., 2017) (Lanjutan)

R2	569,85	60,34	40,22	167,6	6,29	1,34	897,6	739,8
R3	527,27	52,73	79,09	164,77	7,43	1,32	897,6	739,8
R4	607,73	40,52	27,01	168,81	7,61	1,35	816	822
R5	570,06	40,24	60,36	167,67	5,04	1,34	816	822
R6	532,79	106,56	26,64	166,5	6,25	1,33	816	822
R7	608,53	27,05	40,57	169,04	6,35	1,35	734,4	904,2
R8	569,63	80,42	20,1	167,54	7,55	1,34	734,4	904,2
R9	532,5	79,88	53,25	166,41	5	1,33	734,4	904,2

Tabel 2.20 Hasil pengujian beton SCC (Raymond dkk., 2017)

<i>Codes</i>	<i>Compressive Strength on 28 Days</i> (MPa)	<i>Slump</i> (cm)	<i>V-Funnel</i> (s)	<i>L-Box</i>	<i>Total Porosity</i> (%)
R1	56,34	79,5	8,17	0,83	17,93
R2	53,2	72,5	12,3	0,79	15,51
R3	40,98	69,5	7,1	0,83	20,89
R4	42,93	71	11,8	0,76	16,11
R5	45,99	68,5	14	0,73	24,57
R6	42,76	80,5	8,3	0,82	18,5
R7	32,16	73,5	12,94	0,78	29,02
R8	22,35	79	37,37	0,8	21,95
R9	31,82	71	8,81	0,79	22,71

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.

2.2.1. Beton

Bahan bangunan yang banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi adalah beton. Beton diperoleh dengan cara mencampurkan agregat kasar, agregat halus, semen dan air, sering kali diberi tambahan bahan kimia, bahan buangan non kimia dan serat dengan variasi campuran tertentu. Campuran bahan-bahan tersebut apabila dituangkan ke dalam suatu cetakan maka akan mengeras seperti batu. Campuran tersebut akan mengeras seiring berjalannya waktu, pengerasan tersebut terjadi karena reaksi kimia antara semen dan air. Beton yang sudah mengeras bisa disebut sebagai batu tiruan, dengan rongga-rongga antara agregat

kasar diisi oleh agregat halus, sedangkan pori-pori antara agregat halus di isi dengan air dan semen yang dapat disebut dengan istilah pasta semen. Pasta semen tersebut selain berfungsi sebagai pengisi pori-pori antara agregat halus juga berfungsi sebagai pengikat antara agregat supaya kuat dan terbentuklah suatu massa yang padat (Tjokrodinuljo, 1992).

2.2.2. Bahan-Bahan Penyusun Beton

Terdapat material-material yang digunakan sebagai bahan penyusun campuran beton, yaitu sebagai berikut.

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 Mulyono (2003), definisi semen portland yaitu semen hidrolik yang didapat dari menggiling klinker yang tersusun oleh kalsium silikat hidrolik, yang kebanyakan mengandung satu atau lebih berupa kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang dibuat bersamaan dengan bahan pokoknya. Jenis-jenis semen dapat dibedakan melalui kandungan kimiannya maupun kehalusan butirannya, perbandingan utama bahan-bahan semen portland tersusun dari kapur (CaO) sekitar 60%-65%, alumina (Al_2O_3) serta oksida besi (Fe_2O_3) sekitar 7%-12% dan silika (SiO_2) sekitar 20%-25%, bahan-bahan tersebut merupakan penyusun utama 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 tertrakalsium aluminoferrit (C_4AF), bagian yang paling dominan memberikan sifat semen yaitu C_3S dan C_2S sebesar 70%-80%.

Semen portland dibagi menjadi lima jenis, yaitu sebagai berikut.

- a. Tipe 1, semen Portland yang dalam pemakaiannya tidak memerlukan syarat-syarat khusus seperti jenis-jenis tipe lainnya.
- b. Tipe 2, semen Portland yang dalam pemakaiannya membutuhkan ketahanan terhadap panas hidrasai sedang dan sulfat.
- c. Tipe 3, semen Portland yang dalam pemakaiannya membutuhkan kuat awal yang tinggi setelah pengikatan beton terjadi.

- d. Tipe 4, semen Portland yang dalam pemakaiannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- e. Tipe 5, semen Portland yang dalam pemakaiannya membutuhkan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

2. Air

Air merupakan bahan dasar dalam pembuatan beton yang harganya paling murah, fungsi air yaitu untuk berreaksi dengan semen dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan. Pada umumnya air yang dapat dipakai dalam pembuatan beton ialah air yang apabila dipakai untuk pencampuran beton menghasilkan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang menggunakan air suling. Secara umum air yang memenuhi syarat untuk air minum memenuhi syarat pula untuk campuran beton. Dalam pemakaian air untuk pencampuran beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut.

- 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 dalam pembuatan beton yang berupa pasir, agregat ini terdiri dari butiran-butiran yang keras, tajam, kuat dan memiliki ukuran antara 0,075 mm-5 mm. Pasir yang digunakan dalam pembuatan beton harus memiliki syarat sebagai berikut.

- a. Memiliki butiran yang keras, tajam dan kuat.
- b. Memiliki sifat yang tidak pecah karena pengaruh cuaca, kekal.
- c. Syarat sifat kekal jika diuji dengan larutan jenuh garam sulfat hasilnya sebagai berikut.
 - 1. Apabila memakai natrium sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%.
 - 2. Apabila memakai magnesium sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.

- d. Memiliki kandungan lumpur kurang dari 5%, jika lebih dari 5% maka agregat halus harus dicuci terlebih dahulu supaya tidak ada lumpur pada kandungan pasir.
- e. Agregat halus tidak memiliki kandungan zat organik, hal tersebut dapat memengaruhi mutu beton. Jika direndam pada larutan 3% NaOH, maka cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari larutan pembanding.
- f. Memiliki gradasi butiran yang baik, memiliki modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Masuk salah satu daerah zona 1, 2, 3 atau 4 jika dilakukan pengayakan dengan susunan ayakan yang telah ditentukan dan memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.
 1. Sisa pasir diatas ayakan ukuran 4,8 mm, mak 2 % dari berat,
 2. Sisa pasir diatas ayakan 1,2 mm, mak 10% dari berat,
 3. Sisa pasir diatas ayakan 0,30 mm, mak 15% dari berat.
- g. Tidak memiliki kandungan garam.

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

1. Pengujian Gradasi Agregat Halus

Pada pengujian gradasi, digunakan metode analisis saringan dengan menggunakan pedoman dari ASTM, (1986). Jumlah maximum yang diizinkan dari agregat yang tertahan pada saringan dapat dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2.21 Analisa saringan berdasarkan (ASTM, 1986)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persenan Lolos Kumulatif
9,5	100
4,75	95-100
2,36	80-100
1,18	50-85
0,6	25-60
0,3	5-30
0,15	0-10

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

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

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

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

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

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

Dengan :

Bk = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

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

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.

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

Dengan :

M = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven (kg/m^3)

G = Berat agregat dan penakar (kg)

T = Berat Penakar (kg)

V = Volume penakar (m^3)

4. Pengujian kadar lumpur agregat halus

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

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

Dengan :

KL = Kadar lumpur (%)

B1 = Pasir jenuh kering muka (gram)

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.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

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

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

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

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

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

Dengan :

Bk = berat benda uji kering oven (gram)

Ba = berat benda uji dibawah air (gram)

Bj = 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.

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

Dengan :

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

G = Berat agregat dan penakar (kg)

T = Berat Penakar (kg)

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.

$$KL = \frac{(B1 - B2)}{B1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.12)$$

Dengan :

KL = Kadar Lumpur (%)

B1 = Pasir jenuh kering muka (gram)

B2 = 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 2.17.

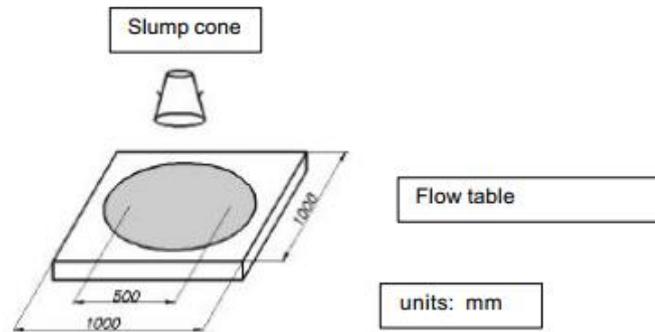
Tabel 2.22 Batas-batas nilai metode uji (EFNARC, 2005)

<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>	≥ 0,80 with 2 rebars
<i>L-Box class PA2</i>	≥ 0,80 with 3 rebars

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

1. Pengujian *Slump Flow Abrams*

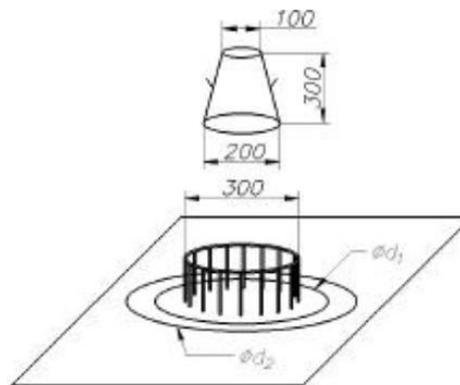
Metode pengujian *slump flow* dilakukan untuk mengetahui kemampuan aliran beton segar (*flowability*). Pengujian tersebut menggunakan meja sebar dan kerucut *abrams*, dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.6 Meja sebar dan kerucut *Abrams* (EFNARC, 2002)

2. Pengujian *J-Ring*

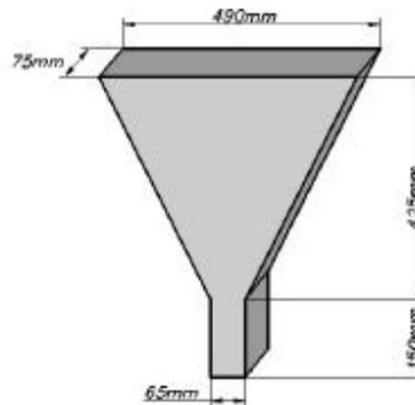
Metode pengujian *J-Ring* dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton segar mengalir (*flowability*) melewati celah-celah antar tulangan (*passing ability*), alat yang digunakan pada pengujian ini yaitu meja sebar, kerucut *abrams* dan *J-Ring*, alat-alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.7 Meja sebar, *J-Ring* dan kerucut *Abrams* (EFNARC, 2002)

3. Pengujian *V-funnel*

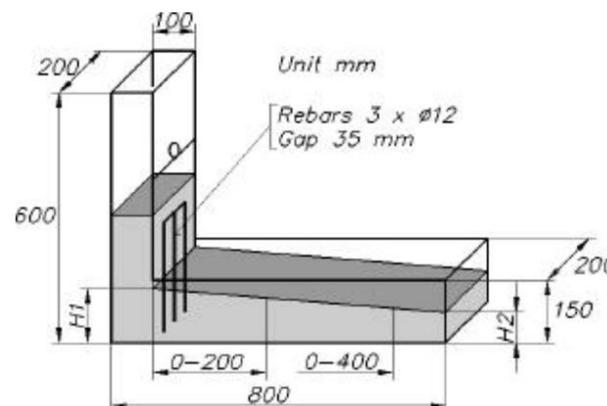
Metode pengujian *V-funnel* dilakukan untuk mengetahui stabilitas dengan satuan waktu (s) dan kemampuan beton segar terhadap *filling ability*, pengujian tersebut menggunakan alat corong V dan *stopwatch* (Gambar 2.7).



Gambar 2.8 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 2.8.



Gambar 2.9 *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 industri 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
(Musbar dkk., 2017)

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
Calsium 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 2.10 Abu sekam padi

2.2.5. *Superplasticizer* (Sika Viscocrete-1003)

Bahan kimia tambahan untuk membuat *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 2.9. Menurut standar ASTM (1982), 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.

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 pembuatan beton dengan konsistensi tertentu sebesar 12% atau lebih.



Gambar 2.11 Sika *Viscocrete*-1003

2.2.6. Silika Fume

Menurut Mulyono (2003) *silica fume* merupakan material *pozzollan* yang halus, yaitu 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 *silika fume*. Bahan tambah *silika fume* (Gambar 2.10) 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 2.12 *Silica fume*

2.2.7. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 3,14 dan 28 hari. Sebelum diuji tekan, beton akan direndam selama jangka waktu pengujian kuat tekan, proses tersebut dinamakan dengan *curing*. Dari hasil pengujian kuat tekan, maka akan didapatkan nilai kuat tekan beton dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan :

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas Penampang (cm²)

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