

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

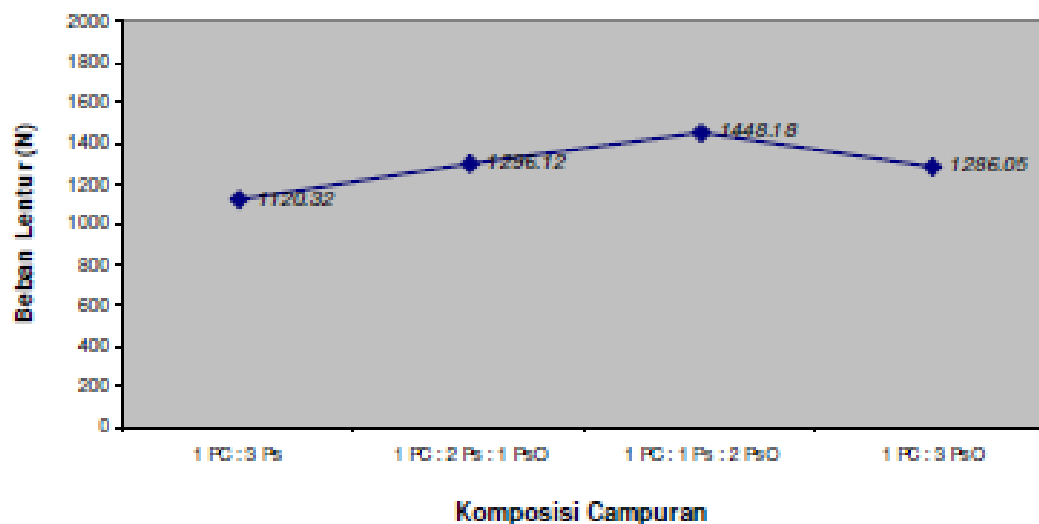
Penelitian-penelitian yang telah dilakukan terkait pelat beton diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. Pengaruh penggunaan limbah pasir onyx sebagai bahan pengganti pasir pada kuat lentur, rembesan dan penyerapan air genteng beton (Aditya, 2010).
2. Pengaruh bukaan (*Opening*) terhadap kapasitas lentur balok beton bertulang (Wijaya dkk., 2017).
3. Pengaruh kondisi perawatan pada kekuatan dan struktur mikro beton memadat sendiri dengan volume abu terbang tinggi (Sondakh dkk., 2016).
4. Pengaruh kadar air dan *superplasticizer* pada kekuatan dan kelecakan beton geopolimer memadat sendiri berbasis abu terbang (Gumalang dkk., 2016).
5. Karakteristik bahan baku kaolin untuk bahan pembuatan badan isolator listrik keramik porselen *Fuse cut out (FCO)* (Garinas, 2009).
6. Kuat tarik lentur beton *geopolymer* berbasis abu terbang (*Fly ash*) (Paat dkk., 2014).
7. Pengaruh penambahan *fly ash* pada *self compacting concrete (SCC)* terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas (Kartini, 2009).
8. Perancangan beton *self compacting concrete* (beton memadat sendiri) dengan penambahan *fly ash* dan *structuro* (Kukun dkk., 2012).
9. Karakteristik kuat lentur beton ringan akibat penambahan *styrofoam* pada desain campuran beton (Suryanita dkk., 2014).
10. Pengaruh penambahan serat tandan sawit terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton (Khairul dkk., 2014).

2.1.1. Penelitian Terdahulu Tentang Kuat Lentur Beton

Aditya (2010) melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh penggunaan limbah pasir *onyx* sebagai bahan pengganti pasir pada kuat lentur, rembesan dan penyerapan air genteng beton”. Penelitian ini memanfaatkan limbah dari kerajinan batu *onyx* yaitu pasir *onyx* yang memiliki butiran antara 0,5mm dan 5mm. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggantian pasir dengann

pasir *onyx* terhadap sifat mekanik genteng beton yang meliputi kuat lentur genteng beton dan untuk mengetahui komposisi penggantian pasir bisa dengan pasir *onyx* pada genteng beton yang menghasilkan kekuatan yang paling optimal. Pada penelitian ini menggunakan genteng beton dengan ukuran 39,2 cm, lebar 29,5 cm, tebal 1,2 cm dengan jumlah benda uji 92 buah dengan empat variasi yang dapat di liat pada Tabel 2.1 dari pengujian ini di peroleh hasil yang dapat di liat pada Tabel 2.2 dan didapatkan juga grafik hubungan antara bebn lentur dan komposisi campuran . Dari hasil pengujian dapat diambil kesimpulan bahwa penggantian pasir dengan pasir *onyx* ternyata menimbulkan perbedaan terhadap beban lentur genteng pada komposisi 1 PC : 1 Ps : 2 PsO beban lentur genteg beton sebesar 1448,18 N meningkat sebesar 327,86 N (29,26%) dari benton normal.



Gambar 2.1 Hubungan beban dan komposisi campuran (Aditya ,2010)

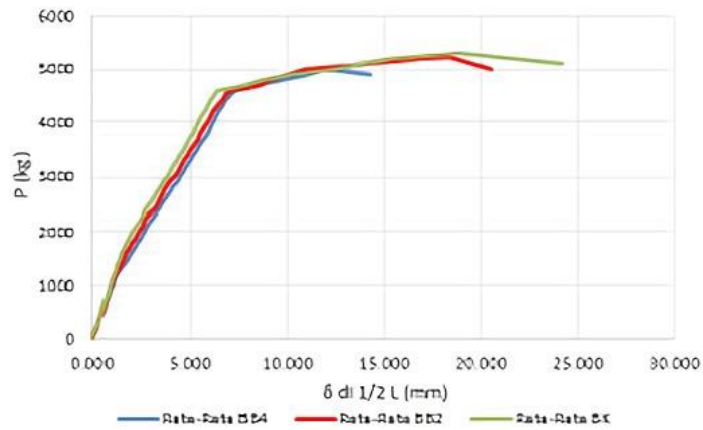
Tabel 2.1 Jumlah benda uji (Aditya, 2010)

Komposisi	Genteng beton		
	Uji Penyerapan air	Uji Rembesan	Uji Lentur
1 PC : 3 Ps	10	3	10
1PC : 2Ps : 1PsO	10	3	10
1PC : 1Ps : 2 Pso	10	3	10
1PC : 3PsO	10	3	10

Tabel 2.2 Hasil pengujian kuat lentur genteng beton (Aditya, 2010)

Komposisi	Fc(N)
1 PC : Ps	1120,32
1 PC : 2 Ps : 1 PsO	1296,12
1 PC : 1Ps : 2 PsO	1448,18
1 PC : 3 PsO	1286,05

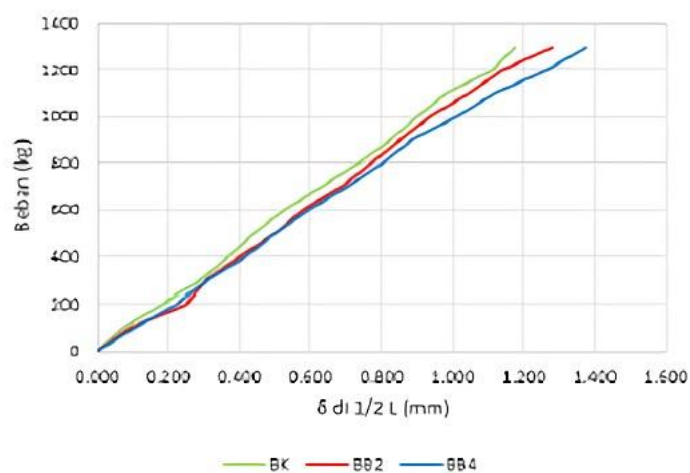
Wijaya dkk. (2017) melakukan penelitian yang berjudul “ Pengaruh bukaan (*OPENING*) terhadap kapasitas lentur balok beton bertulang”. Dalam penelitian ini peneliti melakukan pengujian lentur dengan tumpuan sederhana. Dengan jumlah 4 variasi setiap variasi berjumlah 3 benda uji dalam penelitian ini Satya dkk membuat benda uji berbentuk balok dengan ukuran panjang 200 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 25 cm. Untuk campuran seluruh variasi dibuat sama yaitu 1 PC : 2.68 pasir : 3.15 kerikil setelah pembuatan benda uji selanjutnya dilakukan perawatan benda uji selama 28 hari kemudian di uji dari pengujian kuat lentur balok di peroleh grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2.2. dari Gambar 2.2 dapat dilihat pada kondisi praretak benda uji BK memiliki lendutan paling kecil dengan nilai 0,633 mm sedangkan benda uji BB4 memiliki lendutan paling besar dengan nilai 0,707 mm. Pada kondisi pascaretk benda uji BK memiliki lendutan paling besar dengan nilai 3,547 mm sama dengan benda uji BB4 sedangkan benda uji BB2 memiliki lendutan paling kecil dengan nilai 3,317 mm. Diperoleh hasil hubungan beban dan lendutan pada dua kondisi yang pertama pada kondisi praretak dan yang kedua pada kondisi pascaretak yang sudah terangkum pada Tabel 2.3, Tabel 2.4, Gambar 2.3, dan Gambar 2.4. untuk kondisi praretak, dari hasil pada tabel dan gambar dapat dianalisis bahwa dengan pemberian beban yang besarnya sama lendutan maksimal di setengah bendang nilainya berbeda yaitu BK = 0,633 mm, BB2 = 0,69 mm, dan BB4 = 0,707 mm. Dan untuk kondisi pascaretak setelah di analisis mengalami hal yang sama dengan nilai BK = 3,547 mm, BB2 = 3,317 mm, BB4 = 3,547 mm. Hal ini terjadi karena Inersia efektif yang pada kondisi pasca retak berkurang dengan adanya bukaan. Dari penelitian Satya dkk dapat di simpulkan bahwa kekuatan lentur yang dihasilkan dapat dilihat dari kapasitas balok dalam menahan beban maksimum yang diberikan.



Gambar 2.2 Gabungan hubungan beban dan lendutan untuk semua variasi (Wijaya dkk., 2017)

Tabel 2.3 Nilai beban dan lendutan pada kondisi praretak (Wijaya dkk., 2017)

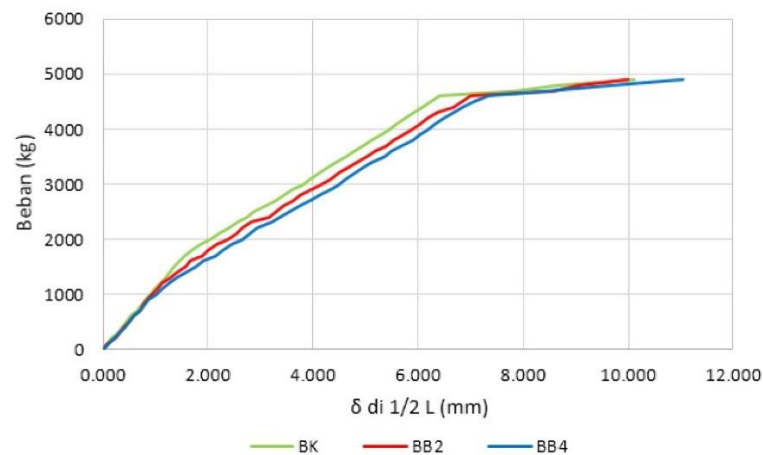
Beban (P) Kg	Lendutan Setengah Bentang (mm)		
	BK	BB2	BB4
0	0,00	0,00	0,00
100	0,73	0,093	0,103
200	0,180	0,247	0,220
-	-	-	-
-	-	-	-
600	0,530	0,580	0,597
700	0,633	0,690	0,707



Gambar 2.3 Hubungan beban dan lendutan pada kondisi pracetak (Wijaya dkk., 2017)

Tabel 2.4 Nilai beban dan lendutan pada kondisi pascacetak (Wijaya dkk., 2017)

Beban (P) Kg	Lendutan Setengah Bentang (mm)		
	BK	BB2	BB4
1400	1,263	1,420	1,580
1500	1,357	1,570	1,770
1600	1,470	1,673	1,913
-	-	-	-
-	-	-	-
2400	2,727	3,153	3,363
2500	2,887	3,317	3,547



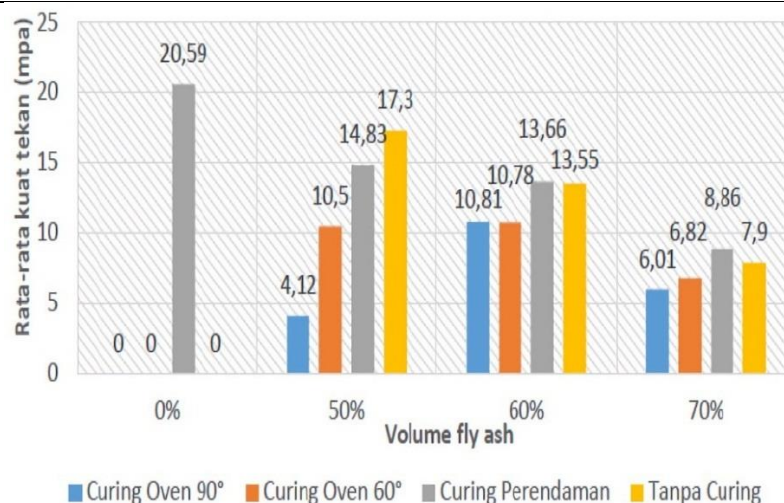
Gambar 2.4 Hubungan beban dan lendutan pada kondisi pascacetak (Wijaya dkk., 2017)

Sondakh dkk.(2016) melakukan penelitian yang berjudul “pengaruh kondisi perawatan pada kekuatan dan struktur mikro beton memadat sendiri dengan volume abu terbang tinggi”. Penelitian ini dilakukan guna mengetahui bagaimana pengaruh perawatan (*curing*) beton terhadap kuat tekan dan struktur mikro beton memadat sendiri dengan volume abu terbang (*fly ash*). Dengan benda uji berbentuk silinder, jenis pengujian yang dilakukan yaitu uji keleceka beton segar, observasi struktur mikro, dan observasi komposisi unsur dari *fly ash*. Penelitian ini melakukan 4 tipe *curing* yaitu *elevated temperature Oven* selama 24 jam dalam suhu 90°C, 60°C, perawatan perendaman dalam air, tanpa perawatan di udara terbuka. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 28 hari, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui

pengaruh penggantian partial semen pada beton memadat sendiri, meneliti nilai kuat tekan beton memadat sendiri dengan penggant semen *fly ash* pada umur beton 28 hari yang menggunakan variasi *fly ash* 50%, 60%, dan 70% meneliti pengaruh *curing* terhadap kekuatan beton memadat sendiri. Dari percobaan kelecekan untuk mendapatkan dosis *superplasticizer* dan *w/c Ratio* peneliti menggunakan *mix design* sehingga didapatkan komposisi campuran pada Tabel 2.5 melalui hasil pengujian kuat tekan beton dapat di ketahui pengaruh jenis perawatan terhadap kuat tekan betonyang dihasilkan dari masing-masing komposisi pengganti partial semen. Hubungan *volume* abu terbang dengan jenis perawatn dan rata-rata kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 2.5

Tabel 2.5 *Mix design high volume fly ash-self compacting concrete* (Sondakh dkk., 2016)

Mterial	Kg/m ³	Komposisi abu terbang (<i>Fly ash</i>)			
		0%	50%	60%	70%
Semen	525	525	262,5	210	157,5
<i>Fly ash</i>	-	-	262,5	315	367,5
Pasir	850	850	850	850	850
Kerikil	998	998	998	998	998
Air	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
<i>Superplasticizer</i>	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%



Gambar 2.5 Hubungan *Volume* abu terbang dengan jenis perawatan dan rata-rata kuat tekan beton memadat sendiri dengan *volume* abu terbang (Sondakh dkk., 2016)

Gumalang dkk. (2016) melakukan penelitian yang berjudul “ Pengaruh kadar air dan *superplasticizer* pada kekuatan dan kelecakan beton *Geopolymer* memadat sendiri berbasis abu terbang”. Penelitian terhadap sifat *Fly ash based -self Compacting Gropolymer Concrete* bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh air dan *superplasticize* terhadap kelecakan dan kuat tekan *Fly ash based -self Compacting Geopolymer Concrete*, Mendapatkan hubungan antara penambahan air (*Rasio Extra Water/ Fly Ash*) terhadap kelecakan *Fly ash based -Self Compacting Geopolymer Concrete*, Mendapatkan hubungan antara penambahan air (*Rasio Extra Water/ Fly Ash*) terhadap kuat tekan *Fly ash based -Self Compacting Geopolymer Concrete*. Pembuatan rancangan beton *geopolymer* berdasarkan standar yang berlaku pada tahap perencanaan *mic design* beton *geopolymer* dilakukan 2 tahap yang dapat di liat pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7 hasil pengujian secara keseluruhan dapat di lihat pada Tabel 2.8, Tabel 2.9, Tabel 2.10, Tabel 2.11, dan Tabel 2.12. dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton maksimum didapatkan pada campuran tanpa tambahan *extra water* atau pada nilai rasio *extra water/ fly ash* adalah 0 yaitu rata-rata 30,55 MPa, komposisi yang optimal dilihat dari segi kelecakan yang memenuhi syarat *self Compacting Concrete* dan kuat tekan beton didapatkan pada penambahan *extra water* 0,3 nilai *slump flow* sebesar 67 cm dan kuat tekan rata-rata 16,38 MPa, semakin besar dosis *superplasticizer* maka semakin besar pula nilai *slump flow*-nya.

Tabel 2.6 *Mix design dengan variasi rasio extra water/fly ash* (Gumalang dkk., 2016)

Benda Uji	<i>Flu Ash</i>	Pas ir	Krikil	NaOH		Sod. Solokat	Extra Water	Superplast icizer		<i>Curing</i>		
	Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³	Mol ar	Kg/m ³	Kg/m ³	Rasio EW/F A	Kg/m ³	%	Waktu (jam)	Suhu (°C)
1	476	998	850	109	14	272	0	0	5,71	3	48	70
2	476	998	850	109	14	272	95	0,2	5,71	3	48	70
3	476	998	850	109	14	272	119	0,25	5,71	3	48	70
4	476	998	850	109	14	272	143	0,3	5,71	3	48	70
5	476	998	850	109	14	272	152	0,32	5,71	3	48	70

Pada Tabel 2.6, dan Tabel 2.7 komposisi *fly ash based- Self Compacting Geopolymer Concrete* Abu terbang (Kelas F) dalam kondisi kering OD; Agregat kasar dan halus dalam kondisi SSD; Konsentrasi Sodium Hidroksida 14M, Rasio Alkaline/*Fly Ash* 0.8, Variasi Dosis Viscocrete-10 yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3%, Variasi rasio *Extra Water/ Fly Ash* yaitu 0, 0.2, 0.25, 0.3, dan 0.32, Proses *curing* di oven selama 48 Jam pada suhu 70°C.

Tabel 2.7 *Mix design dengan variasi dosis superplasticizer* (Gumalang dkk., 2016)

Benda Uji	<i>Fly Ash</i>	Pasir	Krikil	NaOH		Sod. Solokat	Extra Water	Superplasticizer		<i>Curing</i>		
	Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³	Molar	Kg/m ³	Kg/m ³	Rasio EW/F A	Kg/m ³	%	Waktu (jam)	Suhu (°C)
1	476	998	850	109	14	272	143	0,3	0	0	48	70
2	476	998	850	109	14	272	143	0,3	8,57	1	48	70
3	476	998	850	109	14	272	143	0,3	17,14	2	48	70
4	476	998	850	109	14	272	143	0,3	25,71	3	48	70
5	476	998	850	109	14	272	143	0,3	0	0	48	70

Tabel 2.8 Hasil pengujian kelecakan *fly ash self compacting geopolymer concrete* (Gumalang dkk., 2016)

No.	Pengujian		Hasil	Standart EFNARC
	Alat Test	Parameter		
1	Slump Cone	SFmax (mm)	670	650 – 800
2	<i>V-Funnel</i>	T (det)	9,50	8 – 12
3	L-Shaped	F-L ₂₀ (det)	2	-
4	L-Shaped	F-L ₄₀ (det)	4	-
5	L-Shaped	H ₂ /H ₁	7,5/9 = 0,83	0,8 – 1,0

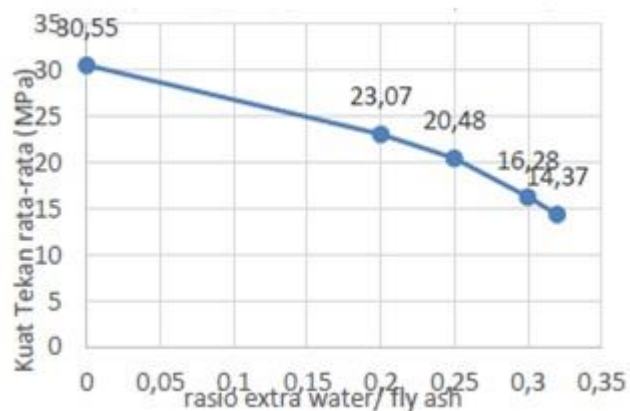
Hasil yang didapat dari pengujian kelecakan *fly ash self compacting geopolymer concrete* dapat dilihat pada tabel 2.8 bahwa hasil pengujian kelecakan dari semua parameter memenuhi standar EFNARC.

Tabel 2.9 Nilai *slump flow* pada variasi *rasio extra water/fly ash* (Gumalang dkk., 2016)

No.	Rasio Extra Water/Fly Ash	Nilai Slump Flow (cm)	EFNARC Guideline (cm)
1	0	-	65 – 80
2	0,2	39	65 – 80
3	0,25	51	65 – 80
4	0,3	67	65 – 80
5	0,35	68	65 – 80

Tabel 2.10 Nilai kuat tekan beton dengan variasi *rasio extra water/ fly ash*
(Gumalang dkk., 2016)

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



Gambar 2.6 Hubungan rasio *extra water/ fly ash* terhadap kuat tekan beton
(Gumalang dkk., 2016)

Tabel 2.11 Nilai *slump flow* pada variasi dosis *superplasticizer* (Gumalang dkk., 2016)

No.	Dosis <i>Superplasticizer</i>	Nilai <i>Slump Flow</i> maximum (cm)	EFNARC <i>Guideline</i> (cm)
1	0%	54	65 – 80
2	1%	57	65 – 80
3	2%	63	65 – 80
4	3%	67	65 – 80

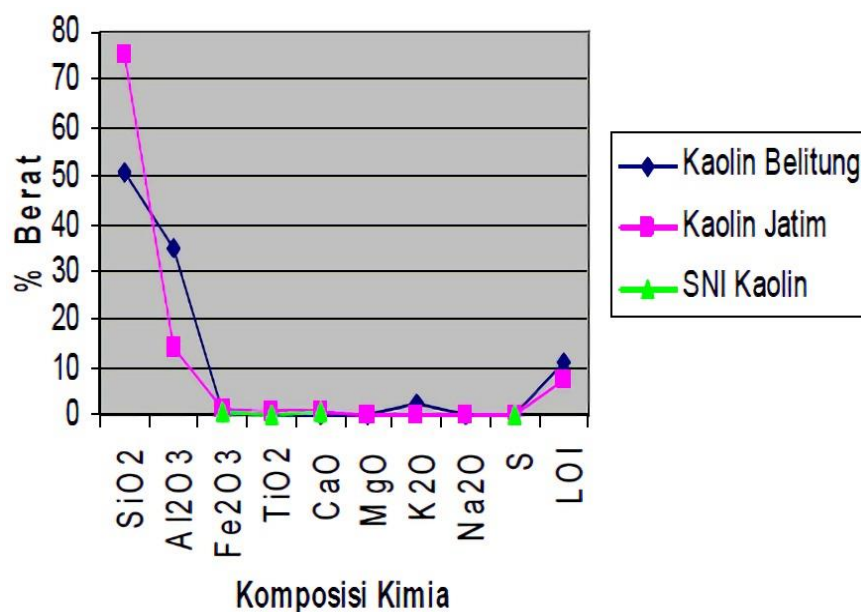
Tabel 2.12 Kuat tekan beton dengan variasi *superplasticizer* (Gumalang dkk., 2016)

Dosis SP	0%	1%	2%	3%
No. Benda Uji	Kuat Tekan (Mpa)			
1	12,33	12,50	14,51	16,10
2	12,98	12,90	13,92	16,90
3	11,96	12,60	15,89	16,20
4	12,96	11,90	14,93	15,90
Kuat Tekan Rata-rata	12,56	12,48	14,81	16,28

Gambar 2.7 Hubungan dosis *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton (Gumalang dkk., 2016)

Garinas (2009) melakukan penelitian yang berjudul “Karakteristik bahan baku kaolin untuk bahan pembuatan badan isolator listrik keramik porselen *Fuse*

cut out (FCO).” Penelitian yang dilakukan ini untuk mengetahui karakteristik dari kaolin untuk pembuatan isolator keramik porselen. Kaolin yang akan digunakan perlu diketahui beberapa klasifikasi diantaranya : Distribusi dan ukuran butir, derajat keputihan kaolin (brightness), warna bakar, kadar air, susut bakar dan kering. Penelitian kaolin ini dilakukan dengan mengambil sampel dipasaran yang berasal dari Belitung 1 sampel (selanjutnya disebut Kaolin 1) dan dari Trenggalek, Jawa Timur 1 sampel (Kaolin 2). Semua sampel ini sudah melalui pengolahan di pabrik dan siap untuk dipakai menjadi produk keramik. Dari penelitian ini diketahui bahwa kaolin merupakan massa batuan yang tersusun dari material lempung yang berwarna putih atau agak keputihan, demikian pula setelah dibakar akan berwarna putih hatau hampir putih, sifat fisik kaolin lainnya antara lain kekerasan antara 2 – 2,5 (Skala mohs), berat jenis 2,60 – 2,63, daya hantar panas dan listrik rendah serta kadar asam yang bervariasi. Kaolin yang akan di gunakan perlu diketahui beberapa klasifikasi, Untuk mengetahui klasifikasi kaolin maka harus dilakukan pengujian yaitu uji bahan, uji komposisi mineral, uji kimia bahan baku, auji ukuran dan distribusi ukuran, uji keplastisan, uji bakar pada suhu 1.400°. dari pengujian yang dilakukan di peroleh hasil yang dapat di lihat pada Gambar 2.8, Tabel 2.13, Tabel 2.14, Tabel 2.15, dan Tabel 2.16. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa sampel yang diuji dapat dikategorikan sebagai kaolin yang cukup murni.



Gambar 2.8 Hasil uji komposisi kimia kaolin (Garinas, 2009)

Tabel 2.13 Hasil uji *homogenitas* kaolin (Garinas, 2009)

No.	Tanda Contoh	Kepadatan	Massa Gelas	Homogenitas		Warna
				leburan	Warna	
1	Kaolin Belitung	Banyak Porous	Belum terbentuk massa gelas	Belum ada lebur	Merata	Putih agak bersih
2	Kaolin Jawa	Sedikit Porous	Belum terbentuk massa gelas	Belum ada leburan	Merata	Abu – abu agak krem

Tabel 2.14 Hasil uji derajat keputihan kaolin (Garinas, 2009)

No.	Jenis Filter	Kaolin Belitung	Kaolin Jawa Timur	Standard MgO
1	Filter Biru	90,6	89,6	87,2
2	Filter Hijau	93,0	90,3	87,9

Tabel 2.15 Hasil uji keplastisan kaolin (Garinas, 2009)

No	Tanda Contoh	Keterangan (keplastisan Atterberg)
1	Kaolin Belitung	Agak Plastis
2	Kaolin Jawa Timur	Agak Plastis

Tabel 2.16 Hasil uji komposisi mineral dan ukuran Butir (Garinas, 2009)

No.	Tanda Contoh	Komposisi Mineral	(%) Kaolinite	Ukuran Butiran, % ($\leq 2 \mu\text{m}$)
1	Kaolin Belitung (kaolin 01)	Kaolinite, Serisite	91,20	32,40
2	Kaolin Jawa Timur (kaolin 02)	Kaolineite, natroalunit, Kuarsa	80,2	40,20

Paat dkk. (2014) Melakukan penelitian yang berjudul “Kuat tarik lentur beton *geopolymer* berbasis abu terbang (*fly ash*)”. Penelitian ini membahas tentang beton *geopolymer* berbasis abu terbang (*fly ash*). *Fly ash* yang digunakan merupakan hasil pembakaran batu bara pada PLTU Amurang. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kuat tarik lentur beton *geopolymer*. Metode yang

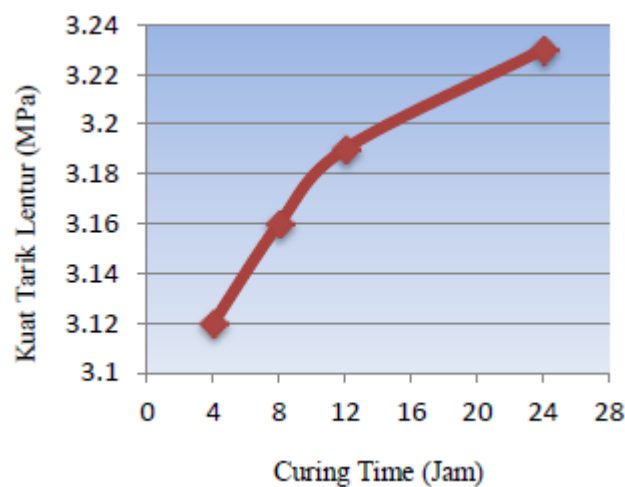
digunakan untuk pengujian adalah *System Two Point Loading Test* pada benda uji dengan bentuk balok dengan ukuran 10cm x 10cm x 15cm. Penelitian kali ini menggunakan *curing time* dengan variasi waktu 4 jam, 8 jam, 12 jam, dan 24 jam pada temperatur 60°C dengan menggunakan *oven*. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2.17, Tabel 2.18, Tabel 2.19 Tabel 2.20 dari data tersebut dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kuat tarik lentur beton *geopolymer* seiring dengan lamanya waktu perawatan.

Tabel 2.17 Kuat tekan beton rata-rata (Paat dkk., 2014)

No.	Curing Time (Jam)	Curing Temperatur (°C)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	4	60	22,17
2	8	60	22,83
3	12	60	23,41
4	24	60	27,46

Tabel 2.18 Kuat tarik lentur rata-rata (Paat dkk., 2014)

No.	Curing Time (Jam)	Curing Temperatur (°C)	Kuat Tarik Lentur Rata-rata (MPa)
1	4	60	3,12
2	8	60	3,16
3	12	60	3,19
4	24	60	3,23



Gambar 2.9 Hubungan kuat tarik lentur beton terhadap variasi curing time (Paat dkk., 2014)

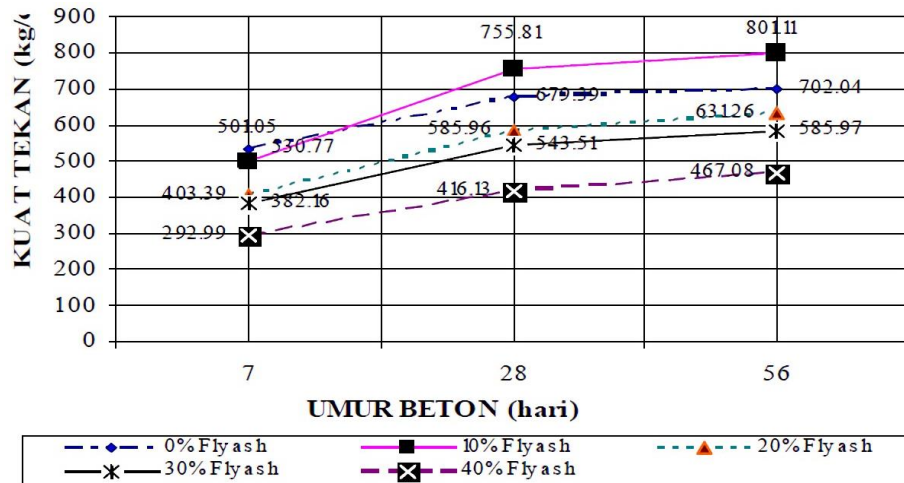
Tabel 2.19 Hubungan kuat tekan dan kuat tarik lentur beton (Paat dkk., 2014)

Curing Time (Jam)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat Tarik Lentur Rata-rata (MPa)	Perbandingan Kuat Tarik Lentur terhadap Kuat Tekan	
			ACI/ASTM (MPa)	%
4	22,17	3,12	$0,66\sqrt{f_c'}$	14,07
8	22,83	3,16	$0,66\sqrt{f_c'}$	13,84
12	23,41	3,19	$0,66\sqrt{f_c'}$	13,63
24	27,46	3,23	$0,62\sqrt{f_c'}$	11,76

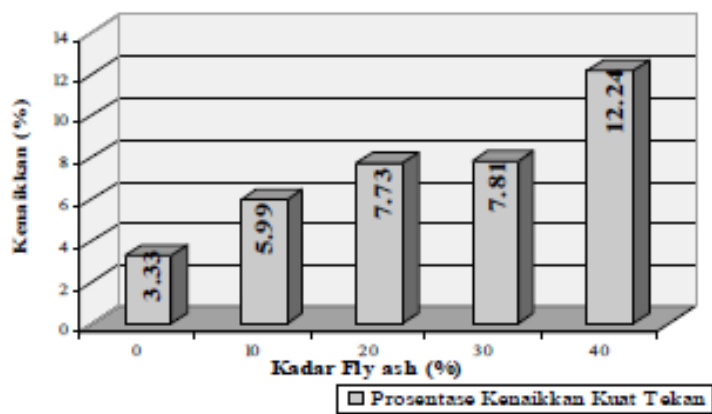
Tabel 2.20 Konversi kuat tarik lentur beton *geopolymer* (Paat dkk., 2014)

Curing Time (Jam)	Kuat Tarik Lentur (MPa)	Nilai Konversi Kuat Tarik Lentur
4	3,12	0,97
8	3,16	0,98
12	3,19	0,99
24	3,23	1,00

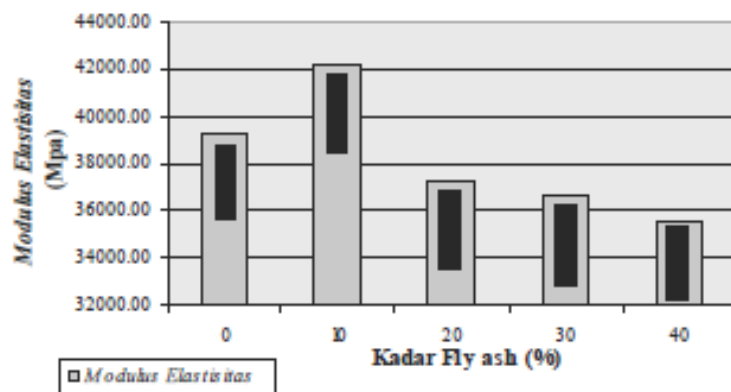
Kartini (2009) melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh penambahan *fly ash* pada *self compacting concrete* (SCC) terhadap kuat tekan dan *modulus elastisitas*”. Pada penelitian ini peneliti melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh *fly ash* terhadap *flowability*, *workability*, kuat tekan, dan *modulus elastisitas* pada *self compacting concrete* (SCC). Pada spesifikasi campuran peneliti menggunakan *fas* 0,41, menggunakan *adimixture viscorete* 1%, dan variasi *fly ash* 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder 15x30 cm pada umur 7, 28, dan 56 hari untuk pengujian kuat tekan sedangkan pengujian *elastisitas* menggunakan umur 28 hari. Dari hasil pengujian diperoleh data yang dapat dilihat pada Gambar 2.10, Gambar 2.11, dan Gambar 2.12 dari data tersebut dapat di simpulkan bahwa penggunaan *fly ash* yang paling efektif pada *self compacting concrete* (SCC) dengan kadar 10%.



Gambar 2.10 Hubungan kuat tekan beton dengan umur dengan variasi *fly ash* (Kartini, 2009)



Gambar 2.11 Prosentasi kenaikan kuat tekan beton untuk berbagai variasi *fly ash* (Kartini, 2009)



Gambar 2.12 Hubungan modulus elastisitas dengan variasi *fly ash* (Kartini, 2009)

Rusyandi dkk. (2012) melakukan penelitian yang berjudul “Perancangan beton *self compacting concrete* (beton memadat sendiri) dengan penambahan *fly ash* dan *structure*”. Pada penelitian ini ingin mengetahui pengaruh penambahan *admixture* kimia *superplasticizer* “*Structuro*” dan *filler* “*fly ash*” terhadap karakteristik SCC. Penelitian ini melakukan pengujian kuat tekan benda uji silinder pada umur 3, 7, dan 14 hari pada setiap variasi digunakan tiga buah benda uji dan dalam perhitungan digunakan kuat tekan rata-rata, pada pengujian ini data yang digunakan hanya data kuat tekan rata beton SCC berumur 3, dan 7 hari. Data yang di hasilkan dapat dilihat pada Tabel 2.21 pada pengujian ini dapat di simpulkan penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen sebaiknya menggunakan kadar 20%, penggunaan *structuro* 2,5% tidak di sarankan karena akan timbul efek-efek negatif seperti *segregation* dan *bleeding*.

Tabel 2.21 Hasil kuat tekan rata-rata (Rusyandi dkk., 2012)

Tgl buat	Tgl uji	Umur	BC (kg)	BI	LB	GT (kg)	KT (Mpa)
13-04-10	16-04-10	3 hari	12,03	2,269	176,6	10080	6,12
13-04-10	20-04-10	7 hari	12,11	2,284	176,6	38000	21,52
			-	-	176,6	-	-
13-04-10	10-05-10		-	-	176,6	-	-
			-	-	176,6	-	-

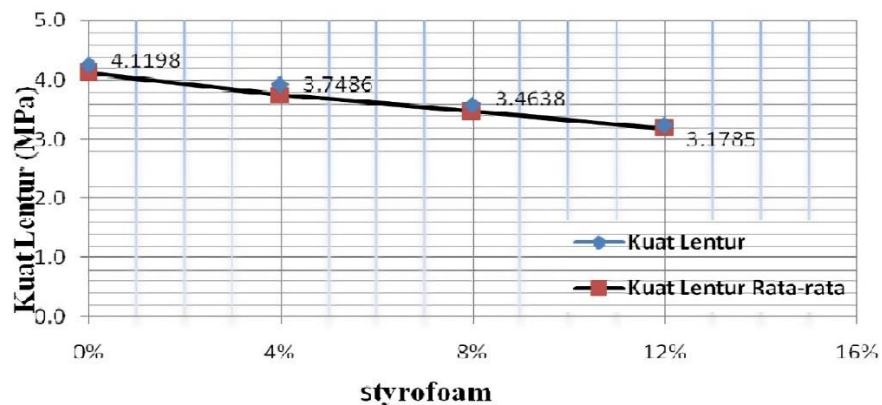
Suryanita dkk. (2014) melakukan peneliyian yang berjudul “Karakteristik Kuat lentur beton ringan akibat penambahan styrofoam pada desain campuran beton” penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan styrofoam terhadap karakteristik kuat lentur beton ringan. Variasi penambahan styrofoam yang digunakan adalah 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap volume benda uji. Benda uji berjumlah 15 buah dengan ukuran 15cm x 15cm 60cm. Hasil pengujian dapat kita lihat pada Tabel 2.22, Tabel 2.23, dan Gambar 2.13 dari tada tersebut menunjukkan bahwa pada umur 28 hari dengan variasi penambahn styrofoam mulai dari 0% sampai 12%, kuat lentur beton mengalami penurunan. Nilai kuat lentur tertinggi ada pada variasi *styrofoam* 0% dan nilai kuat lentur terrendah ada pada 12%.

Tabel 2.22 Hasil pemeriksaan uji karakteristik bahan dasar material agregat halus (Suryanita dkk., 2014)

Pemeriksaan	Hasil
Berat Jenis	
a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,70
b. <i>Bulk specific gravity on dry basic</i>	2,56
c. <i>Bulk specific gravity on SSD basic</i>	2,61
d. <i>Water absorption (%)</i>	2,04
Berat volume (gr/cm ³)	
a. Kondisi padat	1,88
b. Kondisi lepas	1,68
Kadar air (%)	
Kadar Lumpur (%)	3,53
Modulus Kehalusan	3,10

Tabel 2.23 Hasil pemeriksaan uji karakteristik bahan dasar material agregat kasar (Suryanita dkk., 2014)

Pemeriksaan	Hasil
Berat Jenis	
a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,66
b. <i>Bulk specific gravity on dry basic</i>	2,58
c. <i>Bulk specific gravity on SSD basic</i>	2,62
d. <i>Water absorption (%)</i>	1,40
Berat volume (gr/cm ³)	
a. Kondisi padat	1,56
b. Kondisi lepas	1,46
Kadar air (%)	
Kadar Lumpur (%)	2,13
Modulus Kehalusan	7,23
Keausan (Mesin <i>Los Angeles</i>)(%)	7,83



Gambar 2.13 Hubungan kuat lentur dengan variasi persentase *styrofoam* pada umur 28 hari (Suryanita dkk., 2014)

Amna dkk. (2014) melakukan penelitian yang berjudul “ Pengaruh Penambahan serat tandan sawit terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton”. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kuat lentur yang rendah dan sifat getas pada beton dengan cara menambahkan serat (*fiber*) dalam adukan beton. Serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat kelapa sawit dengan menggunakan variasi 5%, 10%, dan 15%. Benda uji berjumlah 24 benda uji terdiri dari 12 silinder dengan ukuran 15cm x 30cm dan balok dengan ukuran 15cm x 15cm x 60cm detail dari jenis dan benda uji dapat dilihat pada Tabel 2.24. hasil pengujian dari kuat tekan dan kuat lentur dapat dilihat pada Tabel 2.25, Tabel 2.26, Gambar 2.14, Gambar 2.15, dan Gambar 2.16 dari data yang di dapat dapat disimpulkan bahwa penambahan serat tandan kelapa sawit dalam campuran pada setiap varisasi tidak dapat meningkatkan kuat tekan sedangkan untuk kuat lentur peningkatan terjadi pada variasi serat 10%.

Tabel 2.24 Jenis dan jumlah benda uji (Amna dkk., 2014)

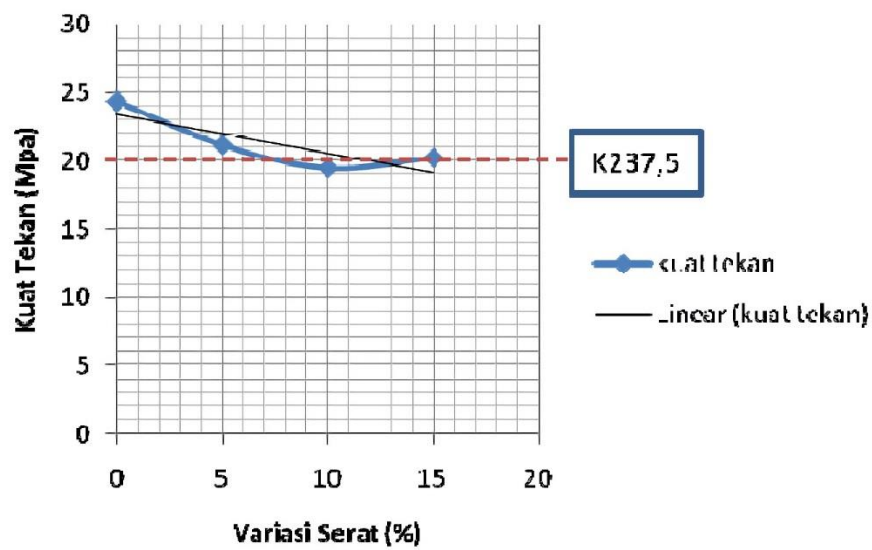
Benda uji	Nama Benda Uji	Variasi Serat (%)	Jumlah
Balok	B0a, B0b, B0c	0	3
	B5a, B5b, B5c	5	3
	B10a, B10b, B10c	10	3
	B15a, B15b, B15c	15	3
Silinder	S0a, S0b, S0c	0	3
	S5a, S5b, S5c	5	3
	S10a, S10b, S10c	10	3
	S15a, S15b, S15c	15	3
Jumlah Benda Uji			24

Tabel 2.25 Hasil pengujian kuat tekan beton (Amna dkk., 2014)

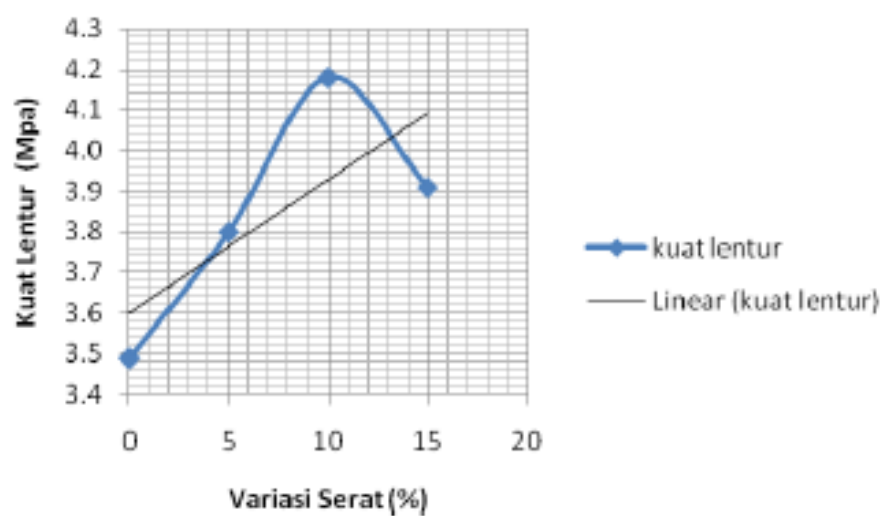
No.	Serat (%)	Umur (hari)	Slump (mm)	Kuat Rerata (MPa)	Waktu Runtuh Rerata (s)
1	0	28	78	24,345	40,0
2	5	28	120	21,137	58,0
3	10	28	80	19,439	76,7
4	15	28	90	20,193	89,3

Tabel 2.26 Hasil pengujian kuat lentur (Amna dkk., 2014)

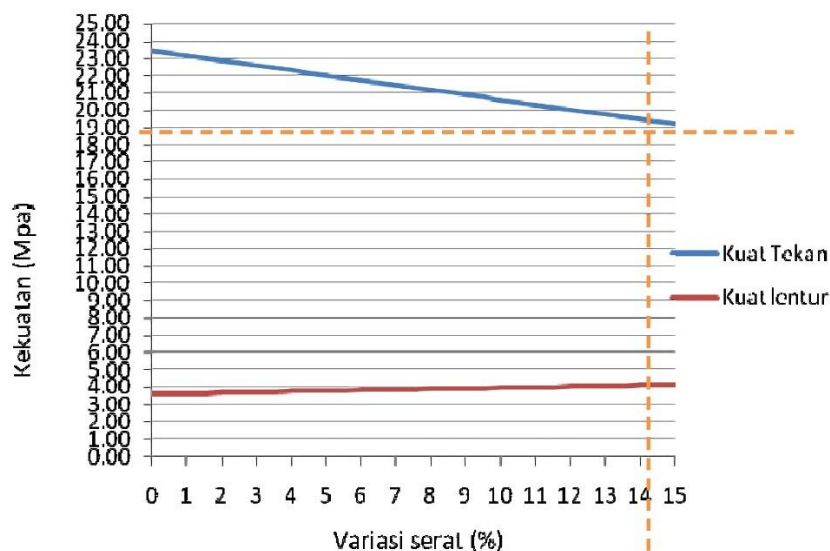
No.	Serat (%)	Umur (hari)	Slump (mm)	Kuat Lentur Rata Rata (MPa)
1	0	28	90	3,49
2	5	28	130	3,80
3	10	28	100	4,18
4	15	28	80	3,91



Gambar 2.14 Hubungan kuat tekan dengan variasi serat beton rata-rata (Amna dkk., 2014)



Gambar 2.15 Hubungan Kuat lentur dengan variasi serat beton rata-rata (Amna dkk., 2014)



Gambar 2.16 Hubungan kuat tekan dan kuat lentur beton (Amna dkk., 2014)

Dilihat dari gambar 2.16 dapat disimpulkan bahwa pengaruh penambahan serat tandan sawit pada kuat tekan menurun dari variasi 0% hingga 15%, sedangkan untuk kuat lentur mengalami kenaikan dari variasi 0% hingga 15%. Sehingga serat tandan sawit lebih efektif pada pengujian kuat lentur.

2.1.2. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Terdapat beberapa perbedaan dengan penelitian terdahulu mengenai beton dengan bahan tambah abu sekam padi dan penelitian lainnya mengenai beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) dengan penambahan variasi pada campurannya sebagai berikut ini.

Tabel 2.27 Perbedaan penelitian terdahulu

No	Penelitian	Jenis Penelitian dan instansi	Perbedaan komposisi yang dipakai pada Penelitian	
			Terdahulu	Sekarang
1	Pengaruh penggunaan limbah pasir <i>onyx</i> sebagai bahan pengganti pasir pada Kuat Lentur, Rembesan dan penyerapan air genteng Beton (Aditya, 2010)	Pengujian Lab, Universitas Widyagama Malang.	Pada penelitian ini digunakan pasir <i>onyx</i> sebagai bahan pengganti pasir terhadap uji lentur genteng beton.	Pada penelitian ini digunakan variasi penambahan kaolin dengan kadar campuran sebesar 5%, 10%, dan 15% terhadap uji kuat lentur pada umur 28 hari.

Tabel 2.28 Perbedaan penelitian terdahulu (Lanjutan)

No	Penelitian	Jenis Penelitian dan instansi	Perbedaan komposisi yang dipakai pada Penelitian	
			Terdahulu	Sekarang
2	Pengaruh Bukaannya (<i>Opening</i>) Terhadap Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang (Wijaya dkk., 2017)	Pengujian Lab, Universitas Tribhuwana Tungga Dewi.	Meneliti balok beton normal dengan 3 variasi bukaan yaitu bukaan 2 (BK2), bukaan 4 (BK4), dan tanpa bukaan (BK) dengan ukuran benda uji 15cm x 25cm x 200cm.	Pengaruh kadar kaolin dengan variasi 5%, 10%, 15% terhadap kuat lentur beton <i>Self compacting concrete</i> pada umur 28 hari dengan ukuran benda uji 15cm x 15cm x 60cm.
3	Pengaruh kondisi perawatan pada kekuatan dan struktur mikro beton memadat sendiri dengan volume abu terbang tinggi (Sondakh dkk., 2016)	Pengujian Lab, Universitas Sam Ratulangi.	Pengaruh <i>curing</i> terhadap kuat tekan beton (SCC) dan penggunaan bahan pengganti semen abu sekam padi dengan variasi 50%, 60%, 70%.	Pengaruh kadar kaolin dengan variasi 5%, 10%, 15% terhadap kuat lentur beton <i>Self compacting concrete</i> (SCC) pada umur 28 hari.
4	Pengaruh kadar air dan <i>superplasticizer</i> pada kekuatan dan kekecekan beton <i>geopolymer</i> memadat sendiri berbasis abu terbang (Gumalang dkk., 2016)	Pengujian Lab, Universitas Sam Ratulangi.	eksperimental ini dilakukan dengan kadar variasi Viscocrete-10 yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3%, Proses <i>curing</i> di oven selama 48 Jam pada suhu 70°C.	Penelitian ini dilakukan dengan kadar Viscocrete-1003 1% dan proses <i>curing</i> dilakukan 28 hari dengan cara ditutup karung goni basah.
5	Kuat tarik lentur beton geopolimer berbasis abu terbang (Fly ash) (Paat dkk., 2014)	Pengujian Lab, Universitas Sam Ratulangi.	Penelitian ini dilakukan dengan bahan campur <i>fly ash</i> hasil dari pembakaran batu bara dengan ukuran benda uji 10cm x 10cm x 50cm dan variasi <i>curing time</i> 4, 8, 12, dan 24 jam.	Penelitian ini dilakukan dengan bahan campur <i>fly ash</i> kaolin dengan ukuran benda uji 15cm x 15cm x 60cm dan <i>curing time</i> selama 28 hari.

Tabel 2.29 Perbedaan penelitian terdahulu (Lanjutan)

No	Penelitian	Jenis Penelitian dan instansi	Perbedaan komposisi yang dipakai pada Penelitian	
			Terdahulu	Sekarang
6	Karakteristik kuat lentur beton ringan akibat penambahan styrofoam pada desain campuran beton (Suryanita dkk., 2014)	Pengujian Lab, Universitas Riau.	Penelitian ini dilakukan dengan variasi bahan tambah <i>styrofoam</i> pada beton konvensional.	Penelitian ini dilakukan dengan variasi bahan tambah kaolin pada beton <i>self compacting concrete</i> .

2.1.3. Keaslian Penelitian

Pada penelitian ini akan meneliti tentang analisis kuat lentur beton untuk konstruksi bangunan. Pada penelitian ini yang menjadi pembeda yaitu menggunakan variasi campuran kaolin 5%, 10%, 15% dan menggunakan bahan tambah superplastisizer 1%. Penggunaan bahan tambah *superplastisizer* merk *Viscocrete* 1003 berfungsi untuk mengurangi air dengan tidak mengubah kadar semen yang ditentukan dan membuat campuran beton bersifat *fluidity* untuk mempermudah proses pekerjaan di lapangan. Selain itu, agregat untuk benda uji yang digunakan adalah 1:1 dengan fas 0,38. Benda uji menggunakan tulanagan dengan tebal selimut beton 3cm .Demikian uraian singkat tentang penelitian ini dan penelitian ini dijamin asli.

2.2. Dasar Teori

Beton adalah campuran semen *portland* atau semen *hidrolik* yang lain, agregat halus, agregat kasar yang dipersatukan oleh air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (BSN, 2002b).

Beton normal adalah beton yang memiliki berat isi (2200 – 2500) kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang paling banyak digunakan baik itu bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Bahan

penyusun beton terdiri dari agregat halus(pasir), agregat kasar (krikil), semen, dan air, bisa juga dengan menggunakan bahan tambahan. Didalam pembuatan beton ada yang dinamakan uji slump yaitu salah satu ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam mm ditentukan dengan alat kerucut abram (BSN, 1990b) tentang pengujian slump beton semen (*portland*).

2.2.1. Komposisi Beton

Bahan – bahan penyusun beton.

1. Semen

Pozolan adalah bahan yang mengandung *silika amorf*. Semen *Portland-pozolan* adalah campuran semen *Portland* dengan *pozolan* antara 15%-40% berat total campuran dan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam *pozolan* minimum 70%. (BSN, 2000). Semen *Portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM, 1985 semen *Portland* didefinisikan sebagai semen *hidraulik* yang dihasilkan dengan menggiling kliner yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

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

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

2. Sifat-sifat semen

Bahan dasar penyusun semen (Tabel 2.27) terdiri dari bahan-bahan

yang terutama mengandung kapur, silika dan oksidasi besi. Maka bahan-bahan itu menjadi unsur-unsur pokok semen.

Tabel 2.30 Susunan unsur-unsur semen (BSN, 1989)

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

3. Air

Air merupakan salah satu faktor penting, karena air bereaksi dengan semen akan menjadi pasta pengikat agregat. Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

Penggunaan air unuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (Tjokrodimuljo, 2010).

1. Kandungan lumpur atau benda melayang pada air tidak lebih dari 2 gr/ltr.
2. Kandungan garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) tidak lebih dari 15 gr/ltr.
3. Kandungan klorida (Cl) tidak lebih dari 0,5 gr/ltr.

Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Kotoran secara umum dapat menyebabkan hal-hal sebagai berikut ini.

- a) Gangguan pada hidrasi dan pengikatan
- b) Gangguan pada kekuatan dan ketahanan
- c) Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan
- d) Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton

e) Bercak-bercak pada permukaan beton.

4. Agregat Halus

Agregat halus adalah mineral alam yang berfungsi sebagai pengisi yang berupa pasir, agregat yang terdiri dari butir-butir yang tajam, keras dan berukuran antara 0,075 – 5,00 mm dan kadar bagian yang kurang dari 0,063 mm, tidak lebih kurang dari 5% .

Persyaratan mutu agregat halus (pasir) untuk beton tertera pada (BSN, 1989).

- a) Butirannya tajam, kuat dan keras.
- b) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- c) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut ini.
 - (1) Bagian tertentu akan terjadi kehancur maksimum 12% , jika dipakai Natrium Sulfat.
 - (2) Bagian tertentu akan terjadi kehancuran maksimum 10%, jika dipakai Magnesium Sulfat.
- d) 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.
- e) Agregat halus 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 pembanding.
- f) 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 butirmenurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut ini.
 - (a) Sisa di atas ayakan 4,8 mm, mak 2 % dari berat.
 - (b) Sisa di atas ayakan 1,2 mm, mak 10 % dari berat.
 - (c) Sisa di atas ayakan 0,30 mm, mak 15 % dari berat.
- g) Tidak boleh mengandung garam.

5. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran 5 - 40 mm. Agregat dapat dibedakan atas 2 macam, yaitu krikil (batuan alam berukuran kecil) dan kricak (batuan alam berukuran besar yang dipecah). Gradasi agregat kasar untuk ukuran maksimum tertentu dapat divariasikan tanpa berpengaruh besar pada kebutuhan semen dan air yang baik. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan *gel* semen.

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

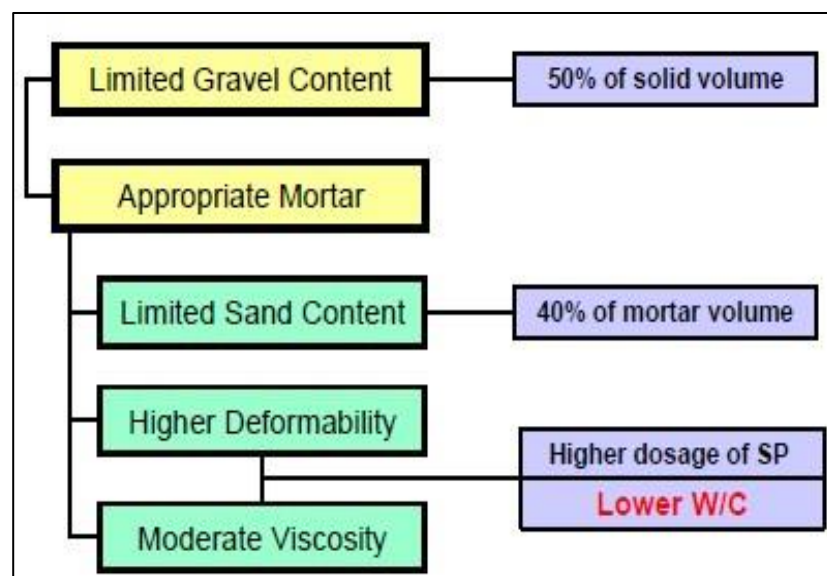
- 1) batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm,
- 2) krikil, untuk besar butiran antara 5 mm dan 40 mm, dan
- 3) pasir, untuk besar butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

2.2.2. Self Compacting Concrete (SCC)

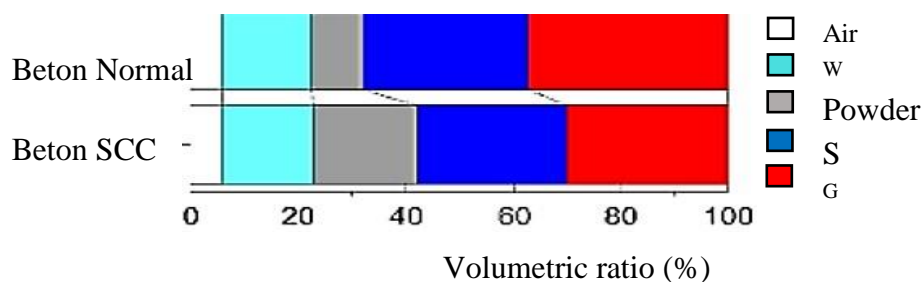
Self Compacting Concrete (SCC) adalah suatu beton yang ketika masih berbentuk beton segar mampu mengalir memenuhi ruang secara padat tanpa melakukan proses pemadatan manual maupun getaran mekanik. Kandungan *Self Compacting Concrete* (SCC) sama dengan beton konvensional, hanya saja diberi suatu *admixture* kimiawi berupa *viscocrete* dan bahan *pozzolan*. Penambahan *viscocrete* sendiri berfungsi untuk mengurangi jumlah air yang dibutuhkan sehingga dapat menciptakan beton dengan mutu tinggi dan juga agar beton segar bersifat cair. Banyak sekali keuntungan yang diberikan *Self Compacting Concrete* (SCC), antara lain tidak terjadinya segregasi maupun *bleeding* karena *Self Compacting Concrete* (SCC) sangat kohesif, lebih cepat mengeras dibandingkan dengan beton konvensional, sehingga dapat mengurangi *curing time*, dalam proses pengerjaan tidak diperlukan alat compacting sehingga dapat mengurangi biaya, proses pekerjaan lebih mudah sehingga pekerjaan lebih cepat dan biaya konstruksi lebih ekonomis dan meningkatkan kualitas struktur beton secara keseluruhan.

2.2.3. Material penyusun beton *Self Compacting Concrete*

Bahan material penyusun dalam pembuatan beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) adalah semen portland, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan ada atau tidak bahan tambah yang tidak mengurangi dari mutu beton. Komposisi agregat kasar pada beton konvensional menempati 70-75 % dari total volume beton. Okamura dan Ouchi (2003) membandingkan beton konvensional dengan *Self-Compacting Concrete* dari sisi proporsi pencampurannya, yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5.



Gambar 2.17 Bahan campuran beton SCC (Okamura dan Ouchi, 2003)



Gambar 2.18 Perbandingan bahan campuran pada SCC dan beton konvensional (Okamura dan Ouchi, 2003)

Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa pada volume yang sama, komposisi material yang diperlukan *Self-Compacting Concrete* dan beton konvensional adalah berbeda. Komposisi *powder* pada *Self-Compacting Concrete* lebih banyak dibandingkan komposisi semen pada beton konvensional, *powder*

pada *Self-Compacting Concrete* dapat berupa semen ataupun berupa *binder* (bahan pengikat dalam campuran beton yang terdiri dari semen dan bahan pengisi). Sedangkan komposisi kerikil *Self-Compacting Concrete* lebih sedikit dibandingkan komposisi kerikil pada beton konvensional.

2.2.4. Sifat Self Compacting Concrete

Kriteria *workability* dari campuran beton yang baik pada *Self-Compacting Concrete* (SCC) adalah mampu memenuhi kriteria berikut ini.

1) Kemampuan mengisi ruangan (*filling ability*)

Kemampuan campuran beton segar mengisi ruangan atau cetakan dengan beratnya sendiri, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan *filling* maka beton segar diuji menggunakan alat *slump cone*, dengan waktu yang diperlukan aliran beton untuk mencapai diameter 50 cm (SF_{50}) 3 – 15 detik dan diameter maksimum yang dicapai aliran beton (SF_{max}) 65 – 80 cm. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat *filling ability* antara lain sebagai berikut:

- a) ukuran agregat kasar maksimal 20 mm,
- b) agregat kasar yang digunakan adalah 50% volume total, agar mortar dapat melewati sela-sela dari agregat kasar yang kurang rapat tersebut,
- c) penggunaan *superplastiziser* yang memadai dengan sangat ketat mengatur komposisi agregat pada campuran,
- d) rasio air-semen (*w/c-ratio*) yang rendah dengan mengendalikan volume agregat yang dikombinasikan dengan agregat pengisi berukuran sekitar 0,125 mm menyebabkan campuran beton ini tidak mudah mengalami segregasi, dan
- e) Pemakaian butir batuan yang bulat dapat mempermudah pengerjaan adukan.

2) Pengaliran (*flowability*)

Flowability pada *Self-Compacting Concrete* dapat menunjukkan bahwa beton tersebut mempunyai pengaliran yang baik atau tidak. Pada *Self-Compacting Concrete* *flowability* dapat diuji menggunakan uji *Flow table* dan *V-Funnel*. Pengujian *Flow Table* disyaratkan waktu yang diperlukan beton untuk mencapai diameter sebaran sebesar 500 mm (t_{500}) adalah 2-5 detik dan

syarat diameter sebaran adalah 700 mm, sedangkan pada pengujian *V-Funnel* tanpa serat waktu yang diperlukan beton untuk melewati celah hingga habis adalah 6-12 detik (Aggarwal dkk., 2008).

3) Kemampuan melewati tulangan (*passing ability*)

Kemampuan campuran beton segar untuk melewati celah-celah antar besi tulangan atau bagian celah yang sempit dari cetakan menurut (*The European Guidelines for Self Compacting Concrete*, 2005) Untuk mengetahui beton memiliki kemampuan ini dilakukan uji dengan menggunakan alat *J-Ring flow table*, *L-Box* dan *Box Type*, dengan perbedaan tinggi yang diperlukan aliran beton arah horizontal (H_2/H_1) lebih besar dari 0,8.

4) *Segregation Resistance*

Segregation merupakan kecenderungan dari butir-butir kerikil untuk memisahkan diri dari campuran adukan beton. Campuran beton yang kelebihan air semakin memperbesar terjadinya segregasi, dimana material yang berat mengendap ke dasar beton segar dan material yang lebih ringan akan menuju ke permukaan. Hal ini dapat mengakibatkan adanya lubang-lubang pada beton, beton menjadi tidak homogen, permeabilitas berkurang, dan juga kurang awet. Dengan penggunaan *superplasticizer* maka *water/binder* dapat diperkecil, dalam takaran tertentu segregasi dapat dihilangkan yaitu dengan *trial mix design*. Ketahanan campuran beton segar terhadap segregasi, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan ini dilakukan uji dengan menggunakan alat *V-Funnel*, dengan waktu yang diperlukan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut di ujung bawah alat ukur *V-funnel* antara 7 – 13 detik. (*Japan Society of Civil Engineers Guidelines for Concrete*, 2007)

5) Kemudahan pengerjaan (*workability*)

Workability merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan. Perbandingan bahan dan juga sifat bahan mempengaruhi kemudahan pengerjaan beton segar. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan antara lain sebagai berikut ini.

- a) Jumlah air yang dipakai dalam adukan, semakin banyak air yang dipakai makin mudah beton segar dikerjakan.

- b) Penambahan semen dalam adukan akan diikuti penambahan air campuran untuk memperoleh nilai FAS tetap.
- c) Gradasi campuran agregat halus dan agregat kasar.
- d) Pemakaian butir batuan yang bulat dapat mempermudah pengerjaan adukan.
- e) Pemakaian butir maksimum agregat kasar.

2.2.5. Pemeriksaan fresh properties Self Compacting Concrete (SCC)

Dalam pembuatan *Self Compacting Concrete* (SCC), syarat sifat-sifat beton segar *Self Compacting Concrete* (SCC) tersaji pada Tabel 2.20 dan komposisi agregat kasar dan halus sangat diperhatikan. Banyaknya agregat halus berbanding lurus dengan daya alir beton segar. Berbeda dengan beton konvensional yang memiliki komposisi agregat kasar lebih banyak di bandingkan agregat halus. Ada beberapa pengujian *fresh properties* pada *Self Compacting Concrete* (SCC) sebagai berikut ini.

1. Meja sebar T50

Test ini digunakan untuk menentukan flowability (kemampuan alir) dan stabilitas SCC. Peralatan terdiri dari sebuah lingkaran berdiameter 500 mm yang digambar pada sebuah tatakan datar. Alat uji kerucut slump diisi dengan adukan beton segar kemudian diangkat ke atas. Catat waktu ketika lingkaran mencapai diameter 500 mm (*T50*). Saat campuran berhenti mengalir, ukur diameter akhirnya dan amati segregasi pada ujung yang terjadi. Menurut *EFNARC (2002)* durasi yang dibutuhkan oleh beton segar mencapai diameter 500 mm 2 – 5 detik. Alat pengujian meja sebar dapat dilihat pada Gambar 2.6 (a)

2. V-Funnel test

V-Funnel test digunakan untuk mengukur filling ability dan stabilitas dari beton segar. Peralatan terdiri dari corong berbentuk V dan dibagian bawah terdapat pintu yang dapat dibuka tutup. Dibawah corong disediakan ember untuk menampung beton segar yang nantinya akan dialirkan. Campuran beton segar diisi secara penuh kedalam corong, kemudian diamkan selama satu menit dan pintu di bawah corong dibuka. Catat waktu total hingga seluruh campuran beton segar habis mengalir. Menurut *EFNARC (2002)*

durasi yang dibutuhkan oleh beton segar mengisi ruang berkisar 6 – 12 detik. Alat yang digunakan adalah *V-Funnel* Gambar 2.19 (b).

3. *L-Box test*

L-Box test digunakan untuk mengamati karakteristik material terhadap flowability blocking dan segregasi dalam melewati tulangan diuji dengan *L-Box test*. Menurut *EFNARC (2002)*. *L-Box test* digunakan dengan perbandingan $h_2/h_1 \geq 0,8$. Bentuk alat pengujian *L-Box* dapat terlihat pada Gambar 2.19(c).

4. *J-Ring test*

J-Ring test digunakan untuk menentukan passing ability beton segar. Peralatan uji terdiri dari lingkaran tulangan baja terbuka dengan tulangan baja vertikal. Model ini dapat dianggap sebagai tulangan baja sesungguhnya. Diameter ukuran baja dan jarak antar tulangan dapat sesuai dikondisikan dengan kondisi aktual yang ingin dimodelkan. Peralatan test ini dapat dikombinasikan dengan peralatan *slump flow test* sehingga dalam satu alat dapat digunakan untuk mengukur *filling ability* dan *passing ability*. *J-Ring* digunakan untuk mengukur luas aliran melewati hambatan, dimana luas aliran disarankan berdiameter 500 mm dalam rentang waktu 2 – 5 detik. Sementara diameter akhir pada pengujian *J-Ring* $\mp \pm 10$ mm. Bentuk alat pengujian *J-Ring* dapat terlihat pada Gambar 2.19 (d).

Tabel 2.31 Batas-batas sifat beton segar SCC (EFNARC, 2002)

Parameter	Kisaran
<i>Slump flow</i>	650mm - 800mm
T _{50 cm}	2 – 5 sec
V-Funnel	6 – 12 sec
L-Box, H ₂ /H ₁	$\geq 0,8$
Diameter aliran J-Ring	± 10 mm

2.2.6. Kaolin

Kaolin merupakan massa batuan yang tersusun dari material lempung yang berwarna putih atau agak keputihan, demikian pula setelah dibakar akan berwarna putih atau hampir putih. kaolin memiliki sifat fisik antara lain kekerasan antara 2 – 2,5 (Skala mohs), berat jenis 2,60 – 2,63 , daya hantar panas listrik rendah serta

kadar asam (pH) yang bervariasi (Garinas, 2009). Kaolin mempunyai komposisi hidrous alumuniumsilikat dengan disertai mineral peserta. Proses pembentukan kaolin dapat terjadi melalui proses hidrotermal alterasi batuan beku felspartik. endapan kaolin ada dua macam yaitu hasil endapan residual dan sedimentasi. Mineral yang termasuk dalam kelompok kaolin antara lain : Kaolinit, Nakrit, dikrit dan Halloysit, yang mempunyai kandungan air lebih besar dan umumnya membentuk endapan tersendiri.

Kaolin juga memiliki banyak kegunaan diantaranya digunakan dalam pembuatan pasta gigi, kramik, obat-obatan, dan isolator. Berdasarkan fungsinya kaolin juga memiliki sifat *pozzolan* sehingga bisa digunakan sebagai bahan tambah pada beton.



Gambar 2.19Kaolin

2.2.7. Superplasticizer (*Viscocrete-1003*)

Membuat suatu *Self-Compacting Concrete*, dibutuhkan suatu zat aditif berupa *Superplasticizer*. Pada penelitian ini, *superplasticizer* yang digunakan ialah *Viscocrete* (Gambar 2.20). *Viscocrete* merupakan *superplasticizer* dari Sika tipe 1003 dengan kemampuan mengalir yang baik bersamaan dengan kohesi yang optimal juga pengurangan air sehingga nilai kuat tekannya meningkat dengan *workability* yang baik.



Gambar 2.20 *Superplasticizer merk sika viscocrete 1003*

2.2.8. Beton *decking*

Beton *decking* adalah beton atau spesi yang dibentuk sesuai ukuran selimut beton yang diinginkan. Biasanya berbentuk persegi atau silinder dalam pembuatannya, diisi kawat bendrat sebagai pengikat pada tulangan tebal beton *decking* menyesuaikan dengan tebal selimut beton rencana biasanya berukan 3 cm sampai 4 cm. Beton *decking* berfungsi sebagai penahan tulangan agar posisi dari tulangan sesuai seperti yang di rencanakan sehingga memiliki tebal selimut beton sesuai dengan rencana. Pada penelitian ini menggunakan beton *decking* dengan tebal 3 cm.



Gambar 2.21 Beton *decking*

2.2.9. Kuat Lentur Beton

1. kuat lentur beton

Menurut BSN (2011) tentang cara pengujian kuat lentur normal dengan 2 titik adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah dinyatakan dalam *Mega Pascal* (MPa) gaya per satuan luas. Metode pengujian kuat lentur di laboratorium menggunakan balok uji yaitu balok beton yang berpenampang persegi dengan panjang total balok 60 cm.

Adapun cara perhitungan kuat lentur sebagai berikut ini.

- a. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan (3.1) sebagai berikut ini.

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2} \dots \dots \dots (3.1)$$

- b. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat daerah (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan (3.2) sebagai berikut

$$\sigma = \frac{P.a}{b.h^2} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dengan pengertian :

σ : adalah kuat lentur benda uji (MPa)

P : adalah beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka belakang koma)

L : adalah jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b : adalah lebar tampang lintang arah horizontal (mm)

h : adalah lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

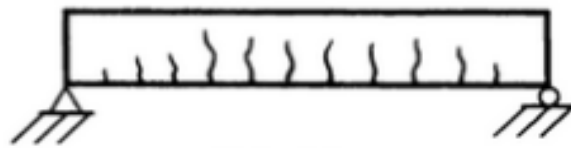
a : adalah jarak rata – rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang

2. Keruntuhan balok

Tipe-tipe keruntuhan balok terbagi dalam 3 jenis yaitu sebagai berikut ini.

a. Keruntuhan lentur

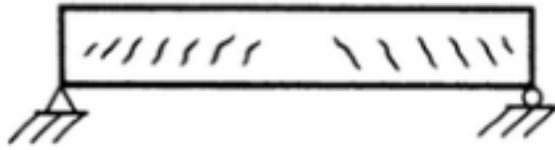
Keruntuhan lentur adalah retak vertikal memanjang dari sisi tarik balok dan mengarah ke atas sampai daerah sumbu netralnya. Dapat dilihat pada Gambar 2.22



Gambar 2.22 Pola keruntuhan lentur balok (Timoshenko, 1987)

b. Keruntuhan geser

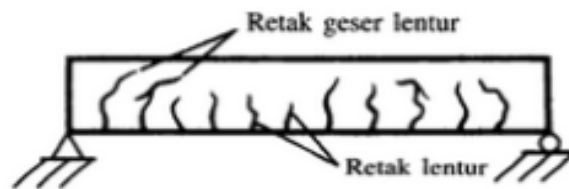
Keruntuhan geser terjadi pada bagian web balok beton bertulang baik sebagai retak bebas atau perpanjangan retak lentur. Dapat dilihat pada Gambar 2.23



Gambar 2.23 Pola keruntuhan geser balok (Timoshenko, 1987)

c. Keruntuhan geser lentur

Pola keruntuhan geser lentur umumnya terjadi pada balok pra tegang dan non prategang. Dapat dilihat pada Gambar 2.24



Gambar 2.24 Pola keruntuhan geser lentur balok (Timoshenko, 1987)

