

# Kuat Lentur Balok *Self Compacting Concrete* dengan Penambahan Variasi Kaolin dan *Superplasticizer*

## *Flexural Strength of the Self Compacting Concrete Beam with the Addition of Kaolin and Superplasticizer*

**Indra Septanareswara, Fadillawaty, Hakas Prayuda**

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Beton merupakan material konstruksi yang sangat sering digunakan. Umumnya beton normal pada proses pemadatan diperlukan bantuan alat *compacting* atau *vibrator* oleh karena itu dibutuhkan beton dengan tingkat kecairan lebih tinggi agar memudahkan proses pemadatan di daerah-daerah sempit pada proses pengecoran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kaolin pada kuat lentur balok *self compacting concrete* (SCC) dan mengetahui *flowability* penggunaan kaolin. Pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 15cm x15cm x60cm, benda uji yang dibuat berjumlah 9 benda uji dengan variasi kaolin 5%, 10%, 15% dan Penambahan zat admixture *superplasticizer* *Viscocrete* 1003 dengan variasi yang sama yaitu 1% dari berat semen dan kaolin benda uji dibuat dengan umur 28 hari. Penambahan kaolin terhadap pengujian beton kondisi segar telah memenuhi standar EFNARC kecuali pada pengujian J-Ring. Metode perancangan beton (*mix design*) menggunakan Indian Standar (IS10262-1982) yaitu M40 *Self-Compacting Concrete* dan EFNARC tentang pengujian beton segar. Dari pengujian ini diperoleh nilai kuat lentur di setiap benda uji pada variasi kaolin 5% secara berturut turut sebesar 3,54 MPa, 3,98 MPa, 3,56 MPa pada variasi kaolin 10% kuat lentur secara berturut-turut sebesar 3,08 MPa, 3,19 MPa, 3,03 MPa dan pada variasi kaolin 15% kuat lentur secara berturut-turut sebesar 3,43 MPa, 3,11 MPa, 2,94 MPa. Dari penelitian ini penambahan variasi kaolin paling optimum pada variasi 5% dengan kuat lentur 3,98 MPa.

**Kata kunci :** beton, kuat lentur, *self compacting concrete*, *superplasticizer viscocrete* 1003.

**Abstract.** Concrete is often used as construction material. In general, normal concrete in compaction peroses required the assistance of compacting or vibrator tools therefore required concrete with higher water level to facilitate the perodes of compaction in the narrow areas in the casting process. This study aims to determine the effect of kaolin loading on the flexural strength of self compacting concrete beam (SCC) and know flowability of kaolin use. In this study using a beam-shaped specimen with the size of 15cm x15cm x60cm, the test specimens were 9 test specimens with 5%, 10%, 15% kaolin variation and Addition of *Viscocrete* 1003 admixture *superplasticizer* substance with the same content of 1% of the weight of cement and kaolin test specimens were made at 28 days. The addition of kaolin to the fresh condition concrete test has met the EFNARC standard except on the J-Ring test. Design method of concrete (*mix design*) using Indian Standard (IS10262-1982) that is M40 *Self-Compacting Concrete* and EFNARC about fresh concrete test. From this test, there was obtained a bending strength value in each specimen at 5% kaolin variation respectively by 3.54 MPa, 3.98 MPa, 3.56 MPa at 10% flexural kaolin variation respectively 3.08 MPa , 3.19 MPa, 3.03 MPa and at 15% flexible flexible kaolin variations respectively of 3.43 MPa, 3.11 MPa, 2.94 MPa. From this research the addition of the most optimum kaolin variation at 5% variation with strong bending 3,98 Mpa.

**Keywords :** concrete, strong bending, *self compacting concrete*, *viscocrete* 1003 *superplasticizer*.

## 1 Pendahuluan

Beton merupakan suatu benda padat yang terbentuk dengan cara mencampur agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambah (*admixture* atau *additivie*) dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air ( Amna dkk.,

2014). beton merupakan material yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur seperti pembangunan jalan, gedung, dam, jembatan dan lain sebagainya. (Suryanti dkk., 2014). *self compacting concrete* (SCC) merupakan beton yang memiliki sifat kecairan (*fluidity*) yang tinggi sehingga mampu mengalir

dan mengisi ruang-ruang di dalam cetakan tanpa proses pemadatan (Wihardi dkk., 2006). merupakan suatu pengembangan dari beton konvensional. Keunggulan beton jenis ini yakni dapat memadat sendiri tanpa harus menggunakan alat bantu vibrator ataupun compactor sehingga dapat memadati bagian-bagian yang sukar dijangkau pada saat pengecoran. *Self compacting concrete* memiliki kandungan yang sama dengan beton normal pada umumnya, namun pada *Self compacting concrete* menggunakan bahan tambah berupa *admixture* kimiawi berupa *viscocrete* dan bahan yang mengandung *pozzolan*. Bahan material yang mengandung *pozzolan* ini dapat dijumpai dari limbah industri seperti *Fly Ash*, Kapur, abu sekam padi, kaolin, dan lain-lain. Dalam kesempatan kali ini penyusun memilih kaolin sebagai bahan tambah yang mengandung *pozzolan* untuk dijadikan bahan penelitiannya (Okamura dan Ouchi, 2003).

Istilah kaolin berasal dari nama sebuah bukit dari cina, yaitu kauling yang berarti bukit tinggi dimana produksi kaolin sendiri telah diekstrat berabat (Jembies dkk., 2014). Komposisi dari kaolinit adalah  $Al_2O_3$  39,8%,  $SiO_2$  46,3%,  $H_2O$  13,9% Biasanya terbentuk butiran-butiran halus (Garinas, 2009). Penggunaan bahan tambah fly ash dapat meningkatkan workabilitas serta dapat mengurangi kebutuhan air (Sondakh dkk, 2016). semakin besar kadar *superplasticizer* yang digunakan, maka nilai *slump flow* pada pengujian beton segar akan semakin besar (Gumalang dkk., 2016). Pengembangan *Self compacting concrete* harus memastikan keseimbangan antara deformabilitas dan stabilitas. Selain itu, tingkat kepadatan dipengaruhi oleh karakteristik material dan proporsi campuran (Aggarwal dkk., 2008) dan (Rusyandi dkk., 2012). semakin banyak *fly ash* yang digunakan maka semakin menurun tingkat *workability* dan *flowability*nya (Kartini, 2009).

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh kuat lentur beton yang menggunakan variasi kaolin dan *superplasticizer*. Penelitian ini juga mengkaji *flowability* penggunaan variasi kaolin dan penambahan *superplasticizer* terhadap *Self compacting concrete* (SCC).

Penelitian ini berjudul kuat lentur balok *self compacting concrete* dengan penambahan variasi kaolin dan *superplasticizer*. Pada penelitian ini yang menjadi pembeda yaitu menggunakan variasi campuran kaolin 5%, 10%, 15% dan menggubakan bahan tambah *superplasticizer* 1%. 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.

### **Kaolin**

Kaolin yang digunakan yaitu berupa butiran yang lolos saringan no.200 (0,075 mm). kaolin didapat dari tempat toko bahan kimia yang berada di daerah semarang. Penelitian ini tidak melakukan pengujian kaolin, data yang digunakan adalah hasil dari penelitian terdahulu oleh Jembise (2014) tentang penambahan campuran bentonit dan kaolin pada tanah pasir terhadap koefisien permeabilitas dengan kondisi plastisita berbeda pada tingkat kepadatan maksimum. Hasil dari pengujian tersebut menyatakan bahwa kaolin memiliki karakteristik yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik kaolin (Jembies, 2014)

Bahan	Kaolin
Kadar air	0,3
Berat jenis	2,59
<i>Liquid limit</i>	88,47%
<i>Plastic limit</i>	43,08%
<i>Shrinkage limit</i>	6,37%
<i>Indeks plastisitas</i>	45,40%

### **Semen**

Semen *Portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150, 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.

## Agregat

### a. Pasir Progo

Agregat halus yang berasal dari Kali Progo, Kabupaten Kulon Progo. Dari pengujian agregat halus diperoleh:

Tabel 2 Hasil pengujian agregat halus

No	Pengujian	satuan	Nilai
1	Gradasi	-	Masuk Kedalam Agregat Halus
2	Kadar Lumpur	%	2,97
3	Berat Satuan	gr/cm <sup>3</sup>	1,520
4	Kadar Air	%	8,5
5	Berat Jenis	-	2,495
6	Penyerapan Air	%	0,091

### b. Split Clereng

pengujian mengenai agregat kasar yang berasal dari Clereng, Kabupaten Kulon Progo. Dari pengujian tersebut didapat:

Tabel 3 Hasil pengujian agregat kasar

No	Pengujian	Satuan	Nilai
1	Kadar lumpur	%	15,260
2	Pemeriksaan keausan	%	36,1
3	Berat satuan	gr/cm <sup>3</sup>	1,536
4	Kadar air	%	3,325
5	Berat jenis	-	2,491
6	Penyerapan air	%	2,1

### Superplasticizer (Viscocrete-1003)

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.

### Pembuatan Benda Uji

Tiga kelompok benda uji yang dibuat dalam penelitian yaitu (1) benda uji dengan campuran 5% kaolin (2) benda uji dengan campuran 10% kaolin, dan (3) benda uji dengan campuran 15% kaolin, *mix design* dengan menggunakan FAS 0,38. Benda uji pada penelitian ini tersaji pada tabel 4.

Tabel 4 *Mix design* masing-masing variasi untuk 1,2 benda uji

	Variasi 5%	Variasi 10%	Variasi 15%
Pasir (kg)	15,827	15,827	15,827
Semen (kg)	7,857	7,857	7,857
Kerikil (kg)	9,088	9,088	9,088
kaolin (kg)	0,392	0,787	1,178
<i>Superplasticizer</i> (liter)	0,082	0,086	0,090
Air (liter)	3,284	3,284	3,284

Dalam pembuatan *Self Compacting Concrete (SCC)*, syarat sifat-sifat beton segar *Self Compacting Concrete (SCC)* tersaji pada Tabel 5 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)* yaitu:

Tabel 5 Batas-batas sifat beton segar SCC (EFNARC, 2002)

Parameter	Kisaran
<i>Sulm Flow</i>	650-800 mm
T <sub>50 cm</sub>	2 – 5 sec
V-Funnel	6 – 12 sec
L-Box, H <sub>2</sub> /H <sub>1</sub>	≥ 0,8
Diameter aliran J-Ring	± 10 mm

Setelah pembuatan beton segar selesai masukkan beton segar *SCC* pada cetakan balok dan di tunggu 1 hari sampai kering lalu di *keeping* pada semua sisi dan di tunggu 1 hari sampai kering kemudian dilakukan *curing* selama 28 hari.

### Pengujian kuat lentur baja

Pengujian kuat lentur baja (Gambar 1) dilakukan dengan alat *Universal machine test* yang bertujuan untuk mengetahui titik leleh dan mutu baja.

Langkah-langkah pengujian kuat tekan sebagai berikut:

- baja yang telah siap untuk diuji dengan ukuran yang telah direncanakan,
- kemudian diukur panjang, dan diameter baja menggunakan alat ukur,
- setelah semua siap, selanjutnya diuji dengan menggunakan alat uji tarik yaitu *Universal machine test* dan,
- maka hasil akan dapat dilihat pada monitor alat uji tekan tersebut.



Gambar 1 *Universal machine test*  
**Pengujian kuat tekan beton SCC**

Pengujian kuat lentur (Gambar 1) dilakukan dengan alat *universal machine test* yang bertujuan untuk mengetahui kuat lentur dan *displacement* silinder beton.

Langkah-langkah pengujian kuat tekan sebagai berikut:

- beton yang telah siap untuk diuji dengan umur beton yang telah direncanakan,
- kemudian diukur panjang, lebar dan tinggi balok menggunakan alat ukur,
- setelah semua siap, selanjutnya diuji dengan menggunakan alat uji tekan yaitu *Universal machine test* dan,
- maka hasil akan dapat dilihat pada monitor alat uji tekan tersebut.

## 2 Bagan Alir

Suatu penelitian harus dilaksanakan secara sistematis dengan urutan yang jelas dan teratur, sehingga akan diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Oleh karena itu, pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap, yaitu :

Tahap 1 : Persiapan

Sebelum melakukan penelitian perlu dilakukan studi literatur untuk memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian. Kemudian menentukan rumusan masalah sampai dengan kompilasi data.

Tahap 2 : Pengujian material

Material agregat kasar dan agregat halus diuji untuk mengetahui :

- Kadar lumpur
- Berat jenis
- Gradasi butiran
- Kadar air
- Berat satuan
- Penyerapan air

Tahap 3 : Pembuatan benda uji

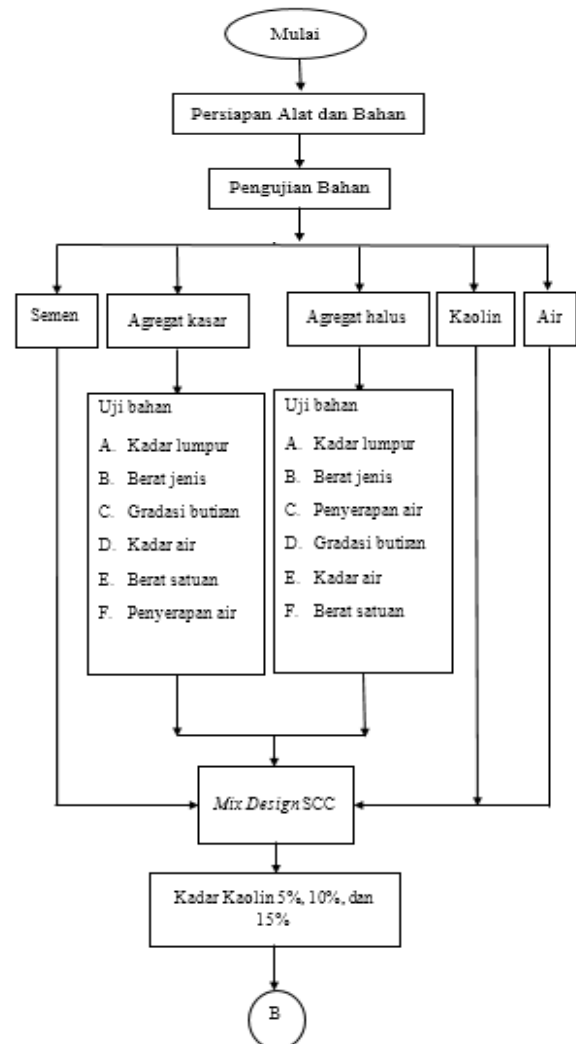
Melakukan pengadukan dengan mencampur material sesuai dengan prosedur.

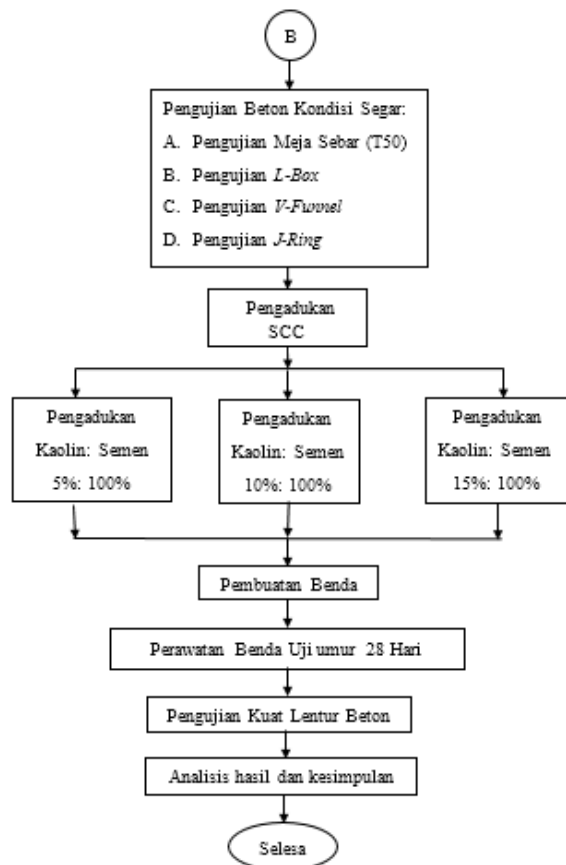
Tahap 4 : Pengujian dan pengumpulan data

Melakukan pengujian benda uji sesuai dengan prosedur dan pencatatan data.

Tahap 5 : Kesimpulan

Pada tahap ini, data yang telah diperoleh dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian. Tahapan penelitian secara skematis dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada Gambar 2



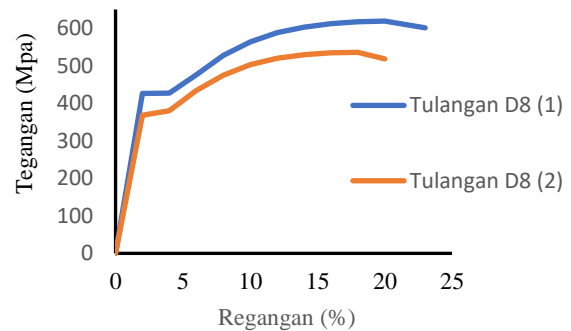


Gambar 2 Bagan alir Penelitian

### 3 Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### Hasil pengujian kuat tarik baja

Pengujian kuat tarik baja dilakukan untuk mengetahui titik leleh baja dan mutu baja yang digunakan. Pengujian kuat lentur baja dilakukan pada 2 benda uji dengan ukuran D8 dan D6.

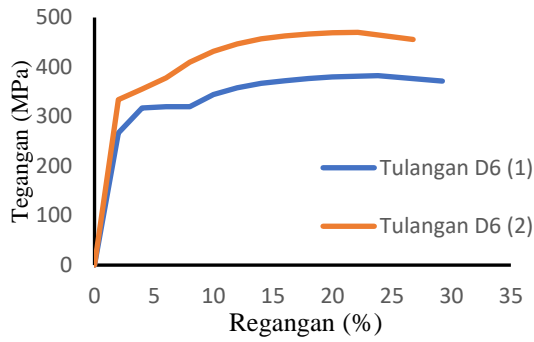


Gambar 3 Hubungan antara tegangan dengan regangan

Gambar 3 merupakan hasil dari pengujian kuat tarik baja ukuran D8. Berdasarkan hasil tegangan dan regangan kedua benda uji secara berurutan masuk dalam klasifikasi BJTP30 dan BJTP24.

Tabel 6 Sifat Mekanis baja (BSN, 2002)

Kelas baja tulangan	No. Batang uji	Uji Tarik			Uji Lengkung	
		Batas ulur Kg/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	Kuat Tarik Kg/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan (%)	Sudut lengkung	Diameter perlengkungan
BJTP24	no. 2	Minimum 24	Minimum 39	20	180°	3 × d
	no. 3	(235)	(380)	24		
BJTP30	no. 2	Minimum 30	Minimum 45	18	180°	d > 16 = 3 × d
	no. 3	(295)	(440)	20		d > 16 = 4 × d
BJTP30	no. 2	Minimum 30	Minimum 45	10	180°	d > 16 = 3 × d
	no. 3	(295)	(440)	18		d > 16 = 4 × d
BJTP35	no. 2	Minimum 35 (345)	Minimum 50 (490)	18	180°	d ≥ 16 = 3 × d
	no. 3			20		16 < d ≤ 40 = 4 × d d ≥ 40 = 5 × d
BJTP40	no. 2	Minimum 40 (390)	Minimum 57 (500)	16	180°	5 × d
	no. 3			18		
BJTP50	no. 2	Minimum 50 (490)	Minimum 57 (620)	12	180°	d ≤ 25 = 5 × d
	no. 3			24		d > 25 = 6 × d



Gambar 4 Hubungan antara tegangan dengan regangan

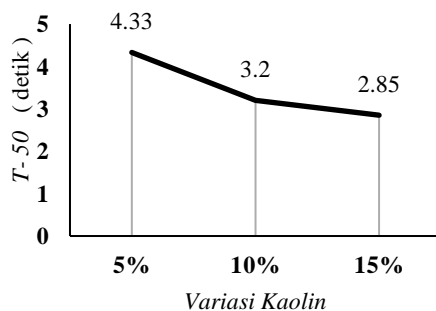
Gambar 4 menunjukan hasil dari pengujian kuat tarik baja ukuran D6. Dari hasil pengujian hubungan antara tegangan dan regangan menunjukkan kedua benda uji masuk dalam klasifikasi BJTP24. Untuk menentukan klasifikasi baja dapat dilihat pada Tabel 6.

### Hasil pengujian fresh properties

Pada *Self-Compacting Concrete (SCC)* banyak sekali pilihan pengujian sifat beton segar, Pada penelitian ini, dilakukan 4 pengujian sifat-sifat beton segar, yaitu pengujian Meja Sebar (T50), *V-Funnel*, *L-Box*, dan *slum flow*. Adapun hasil yang didapatkan dari pengujian sifat-sifat beton segar tersaji pada Tabel 7 :

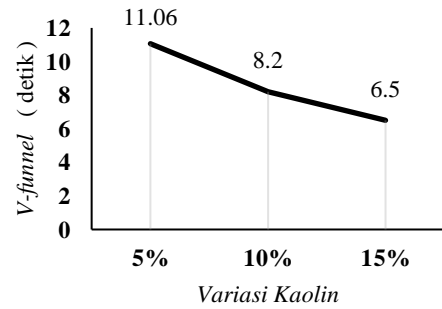
Tabel 7 Hasil pengujian *fresh properties* berdasarkan variasi kaolin

Variasi	$T_{50cm}$ (detik)	<i>V-Funnel</i> (detik)	<i>L-Box</i> $H_2/H_1$ (cm)	<i>Slump</i> <i>Flow</i> (cm)
5 %	4,33	11,06	0,82	66
10 %	3,2	8,2	0,90	69
15 %	2,85	6,5	0,95	75



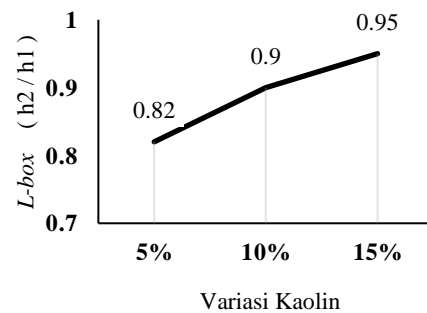
Gambar 5 Hubungan antara variasi kaolin dengan T-50

Gambar 5 Menunjukkan hasil dari pengujian beton segar meja sebar (T50), dari variasi kaolin 5%, 10%, dan 15% didapatkan hasil berturut-turut yaitu 4,33 detik, 3,2 detik, dan 2,85 detik. Dengan demikian dari masing-masing variasi beton segar SCC sudah memenuhi standar yang ditentukan oleh *EFNARC* (2002).



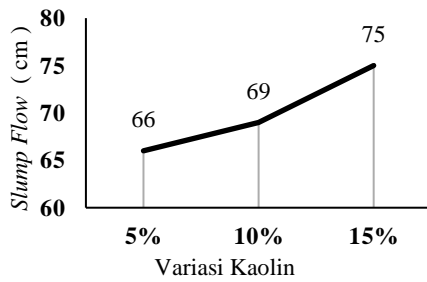
Gambar 6 Hubungan antara variasi kaolin dengan *V-funnel*

Gambar 6 Menunjukkan hasil dari pengujian beton segar *V-Funnel*. Hasil pengujian dari ketiga variasi kaolin yang berbeda-beda yaitu, untuk kadar variasi 5% didapatkan dengan waktu 11,06 detik, untuk kadar variasi kaolin 10% didapatkan dengan waktu 8,2 detik, dan yang terakhir untuk variasi kaolin 15% didapatkan dengan waktu 6,5 detik. Dengan demikian ketiga variasi beton segar SCC sudah memenuhi standar *EFNARC* (2002).



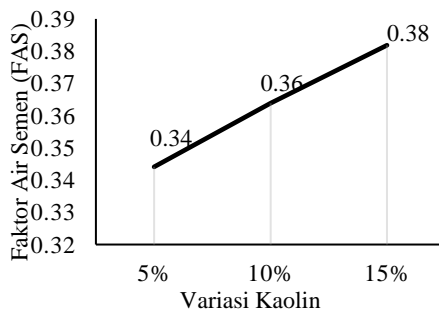
Gambar 7 Hubungan antara variasi kaolin dengan *L-box*

Gambar 7 Menunjukkan hasil dari pengujian beton segar *L-Box*, didapatkan pada penambahan ketiga variasi kaolin 5%, 10%, dan 15%. Hasil dari ketiga kadar variasi tersebut berturut-turut yaitu 0,82 cm, 0,9 cm, dan 0,95 cm.



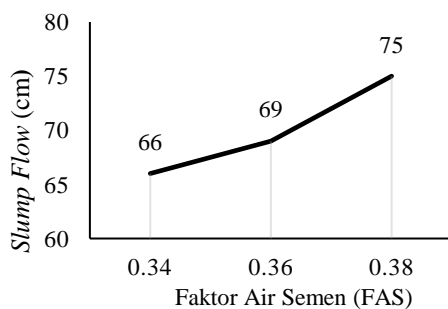
Gambar 8 Hubungan antara variasi kaolin dengan *Slump Flow*

Gambar 8 Menunjukkan hasil dari pengujian beton segar *slump flow* meningkat saat persentase kaolin ditambah. Secara umum semakin besar persentase kaolin dalam campuran SCC maka semakin cepat beton segar mencapai diameter 50 cm. Nilai slump flow yang diperoleh adalah sebesar 66 cm, 69 cm, dan 75 cm. Dengan demikian dari masing-masing variasi beton segar SCC sudah memenuhi standar yang ditentukan menurut EFNARC (2002).



Gambar 9 Hubungan variasi kaolin dengan nilai FAS beton

Gambar 9 Menunjukkan bahwa jika variasi kaolin semakin tinggi maka kebutuhan air juga semakin meningkat dilihat dari nilai FAS yang semakin naik mengikuti presentase kaolin yang digunakan.



Gambar 10 Hubungan FAS dengan nilai *Slump flow*

Gambar 10 Menunjukkan bahwa jika nilai FAS semakin tinggi maka nilai pengujian *Slump flow* juga semakin tinggi.

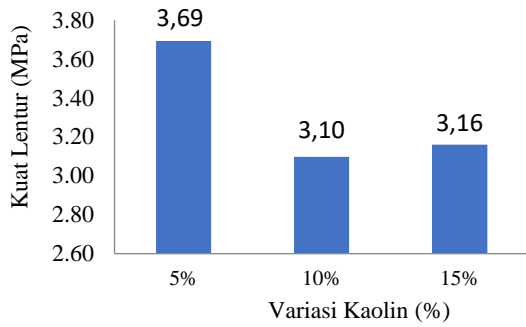
### Hasil pengujian kuat lentur beton Self Compacting Concrete

Pengujian kuat lentur beton dilakukan untuk memperoleh nilai kuat lentur dan displacement beton dengan perbedaan variasi penggunaan kaolin sebagai bahan tambah dari berat semen. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji umur 28 hari. Penelitian ini penyusun melakukan penelitian dengan penambahan kaolin sebagai bahan tambah dari semen dengan persentase variasi 5%, 10%, dan 15% serta menggunakan bahan tambah zat *additive Superplasticizer* dengan jenis *Vicocrete 1003* dengan kadar yang sama yaitu 1% dari berat semen serta kadar kaolin. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 7 Hasil uji kuat lentur beton dengan variasi kaolin

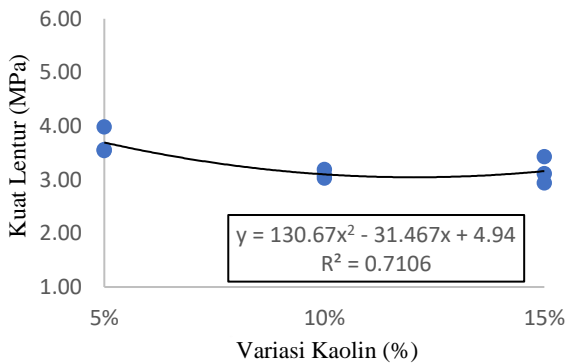
Jenis Beton	Kode	Peak Point (kg)	demensi (cm)			Peak Point (Newton)	Tegangan lentur (Mpa)	Rata-rata Kuat Lentur (Mpa)
			b	H	L			
Kaolin 5%	I1	2113,2	152	152	600	20730,49	3,54	3,69
	I2	2375,7	152	152	600	23305,62	3,98	
	I3	2081,40	151	151	600	20418,53	3,56	
Kaolin 10%	S1	1851,75	152	152	595	18165,67	3,08	3,10
	S2	2049,75	155	155	590	20108,05	3,19	
	S3	1761,90	151	151	603	17284,24	3,03	
Kaolin 15%	T1	1969,35	150	150	600	19319,32	3,43	3,16
	T2	1782,15	150	150	600	17482,89	3,11	
	T3	1684,35	150	150	600	16523,47	2,94	

Hasil nilai kuat lentur awal tertinggi terjadi pada kadar variasi kaolin 5%, sedangkan untuk kadar variasi kaolin 10% memiliki nilai kuat lentur rendah sedangkan kadar variasi kaolin 15% memiliki nilai kuat lentur lebih tinggi dibandingkan dengan kadar 10% tetapi tidak lebih tinggi dari kadar 5%. Nilai kuat lentur untuk kadar variasi 5% memiliki nilai kuat lentur paling tinggi. Dapat kita simpulkan bahwa, semakin sedikit kadar kaolin yang digunakan kuat lentur semakin kuat. Dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Hubungan kuat lentur rata-rata beton dengan variasi kaolin

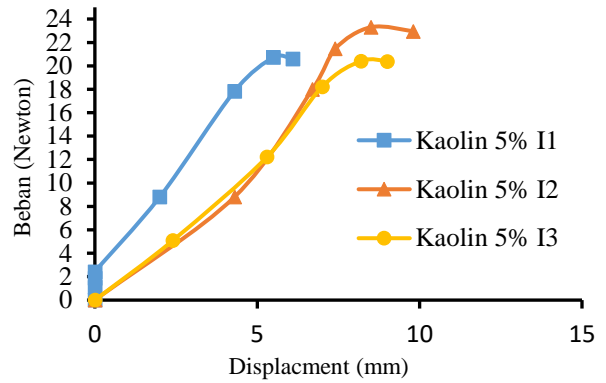
Berdasarkan persamaan  $y = 130,67x^2 - 131,467x + 4,94$  dapat diperoleh nilai kuat tekan optimum dari rentang variasi kaolin antara 5%, 10%, hingga 15% yaitu pada variasi 5% sebesar 3,69 MPa. Dari perhitungan persamaan tersebut menjelaskan semakin sedikit penambahan variasi kaolin, semakin tinggi nilai kuat lentur yang didapatkan grafik bisa dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Hubungan variasi kaolin dengan kuat lentur beton

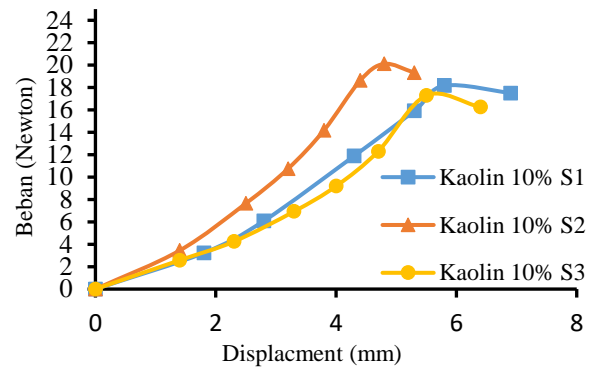
Dari hasil pengujian kuat lentur beton SCC dengan campuran kaolin dapat dibandingkan hubungan beban dan displacement atau waktu proses lendutan balok dimana dapat dilihat pada Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13. Perbandingan variasi kaolin dengan lendutan rata-rata dapat dilihat pada Gambar 14. Perbandingan regresi polinomial displacement dengan variasi kaolin 5%, 10% dan 15% dapat dilihat pada Gambar 16.

Pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa beton (SCC) dengan variasi kaolin 5% yang memiliki displacement terendah ada pada benda uji kaolin 5% I1.



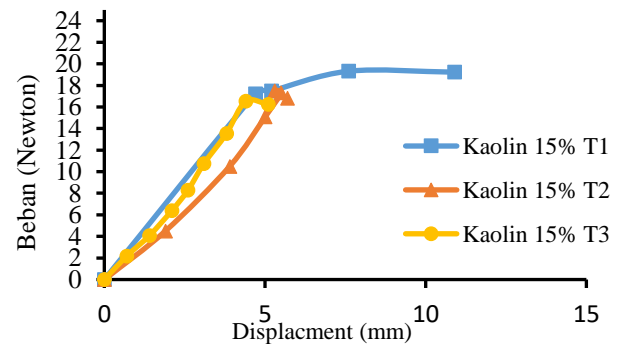
Gambar 11 Hubungan antara beban dan displacement dengan variasi kaolin 5%

Pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa beton (SCC) dengan variasi kaolin 10% yang memiliki displacement terendah ada pada benda uji kaolin 10% S2.



Gambar 12 Hubungan antara beban dan displacement dengan variasi kaolin 10%

Pada Gambar 13 dapat dilihat bahwa beton (SCC) dengan variasi kaolin 15% yang memiliki displacement terendah ada pada benda uji kaolin 15% T2.

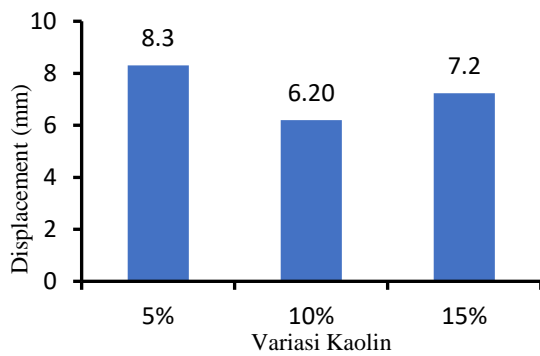


Gambar 13 Hubungan antara beban dan displacement dengan variasi kaolin 15%

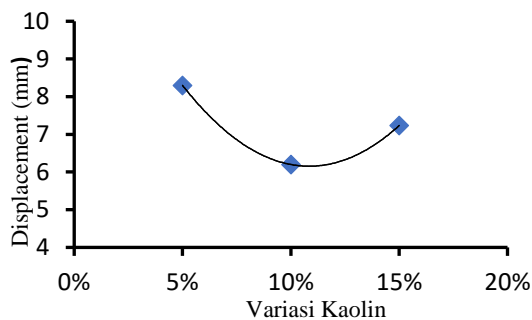
Pada Gambar 14 menunjukkan rata-rata displacement dari setiap variasi dari hasil



pengujian variasi 5% memiliki displacement terbesar dengan nilai 8,3 mm.



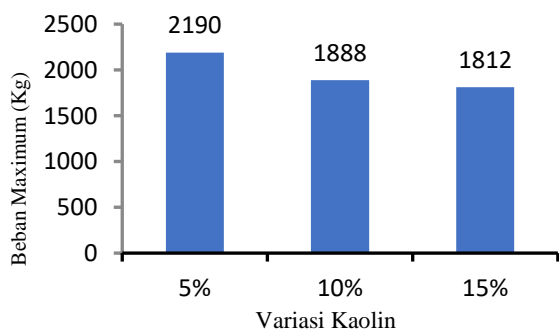
Gambar 14 Hubungan antara Displacement dan variasi kaolin



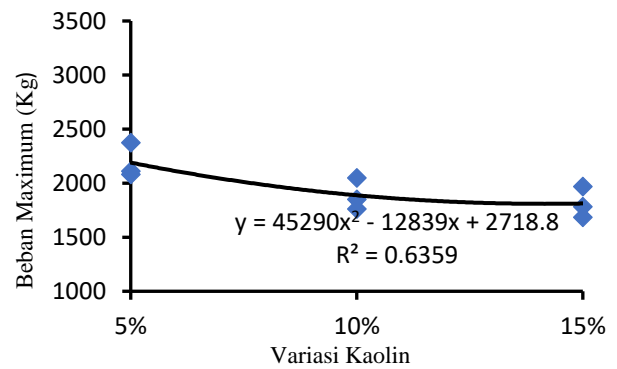
Gambar 15 Hubungan antara variasi kaolin dengan displacement

Merujuk Gambar 15 perbandingan grafik regresi polinomial displacement dengan variasi kaolin dapat dilihat bahwa displacement optimum terdapat pada variasi 5%.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dilaboratorium diperoleh berdasarkan perbandingan beban maximum rata-rata terhadap variasi limbah kaolin didapatkan hasil terbesar adalah pada campuran 5% sesuai dengan gambar 17. Perbandingan regresi polinomial kuat lentur dengan variasi kaolin 5%, 10% dan 15% dapat dilihat pada Gambar 18 dengan nilai optimum berada pada campuran 5% dengan nilai 3,69 MPa.

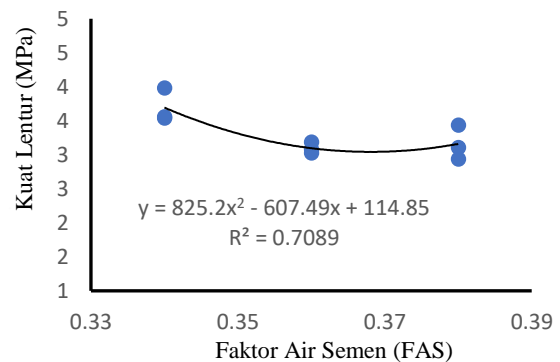


Gambar 16 Hubungan antara beban maximum dengan Variasi kaolin



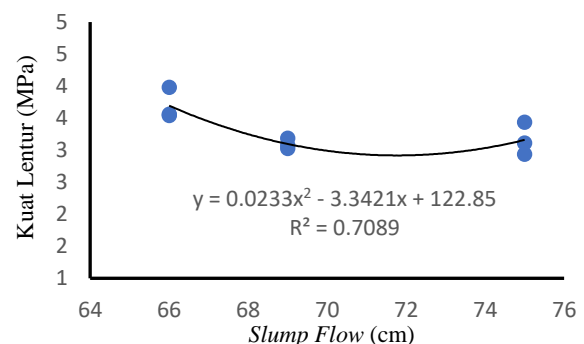
Gambar 17 Regresi polinomial peningkatan hubungan beban maximum dengan variasi kaolin

Dilihat pada Gambar 17 rentang variasi kaolin 5%, 10%, dan 15% kadar variasi 5% memiliki beban maksimum yang paling besar dengan nilai beban maksimum 2190 kg.



Gambar 18 Hubungan kadar FAS dengan kuat lentur beton

Gambar 18 Berdasarkan persamaan  $y = 825,2x^2 - 607,49x + 114,85$  dapat diperoleh nilai FAS optimum dari rentang variasi kaolin antara 5%, 10%, hingga 15% yaitu pada nilai FAS 0.34 sebesar 3,54 MPa . Dari perhitungan persamaan tersebut menjelaskan semakin besar penambahan nilai FAS, semakin kecil nilai kuat lentur yang didapatkan atau dapat dikatakan menurun.



Gambar 19 Hubungan pengujian Slump flow dengan kuat lentur beton

Gambar 19 Berdasarkan persamaan  $y = 0,0233x^2 - 3,3421x + 122,85$  dapat diperoleh nilai *Slump flow* optimum dari rentang variasi kaolin antara 5%, 10%, hingga 15% yaitu pada nilai *Slump flow* 66 cm sebesar 3,54 MPa. Dari perhitungan persamaan tersebut menjelaskan semakin besar penambahan nilai *Slump flow* semakin kecil nilai kuat lentur yang didapatkan atau dapat dikatakan menurun.

#### 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian *Self-Compacting Concrete* dengan penambahan variasi kaolin (5%, 10%, dan 15%) pada campuran semen dan nilai kuat lentur pada umur 28 hari dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

- a. Nilai kuat lentur beton SCC pada tiap kadar variasi kaolin setelah dilakukan pengujian pada umur 28 hari. Hasil pengujian kuat lentur dengan variasi kaolin 5% sebesar 3,54 MPa, 3,98 MPa, 3,56 MPa. Variasi kaolin 10% sebesar 3,08 MPa, 3,10 MPa, 3,03 MPa. Variasi kaolin 15% sebesar 3,43 MPa, 3,19 MPa, dan 3,94 MPa.
- b. Pada pengujian *fresh properties* sudah memenuhi standar EFNARC, Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar variasi kaolin yang di gunakan maka semakin cepat *flowability* pada pengujian *fresh properties* beton SCC.

#### 5 Daftar Pustaka

- Aggarwal, P., Siddique, R., Aggarwal, Y., Gupta, S.M, 2008, *Self-Compacting Concrete-Procedure for Mix Design, Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 15-24.
- Amna, K., Wesli., Hamzani. 2014. Pengaruh Penambahan Serat Tandan Sawit Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 4 (2), 16 – 22.
- ASTM. 1986. *ASTM C 33-86. Standard Specification for Concrete Aggregates. ASTM Internasional. Philadelphia, USA.*
- ASTM. 1985. *ASTM C 150-85. Standard Specification for Portland Cement. ASTM Internasional. Philadelphia, USA.*
- EFNARC, 2002, *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*, February 2002, Hampshire, U.K.
- Gumalang, S, Wallah, S.E., Sumajouw, M.D.J., 2016, Pengaruh Kadar Air dan Superplasticizer pada Kekuatan dan Kelecekan Beton Geopolimer Memadat Sendiri Berbasis Abu Terbang, *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 6 (3), 574-582.
- Jembise, R.A., 2014, Penambahan Campuran Bentonit dan Kaolin Pada Tanah Pasir Terhadap Koefisien Permeabilitas Dengan Kondisi Plastis Berbeda pada Tingkat Kepadatan Maksimum, *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 4 (2), 127-134.
- Okamura, H dan Ouchi, M., 200, *Self Compacting Concrete, Journal of Advanced Concrete Technology*, 1 (1), dan 5-15.
- Paat, F.E., Wallah, S.E., Windah, R.S. 2014. Kuat Tarik Lentur Beton *Geopolymer* Berbasis Abu Terbang (*Fly Ash*). *Jurnal Sipil Statik*, 2 (7), 337 – 343.
- Rusyandi, K., Mukodas, J., Gunawan, Y., 2012, Perencanaan Beton Self Compacting Concrete (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan Fly Ash dan Structuro, *Jurnal konstruksi*, 10 (1), 1-9.
- Sondakh, C.S. P., Manalip, H. 2016. Pengaruh Kondisi Perawatan pada Kekuatan dan Struktur Mikro Beton Memadat Sendiri Dengan Volume Abu Terbang Tinggi. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 6 (3), 583 – 590.
- Suryanita, R., Sitompul, I.R., Zunwanis. 2014. Karakteristik Kuat Lentur Beton Ringan Akibat Penambahan Styrofoam pada Desain Campuran Beton. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 13 (1), 16 – 22.
- Wihardi, T.M., Parung, H., Siswanto, K., Dalle, A., 2006, Pecahan Marmer sebagai Pengganti Parsial Agregat Kasar Self Compacting Concrete (SCC), *Jurnal Desain & Konstruksi* 5, 3-8.