

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Beberapa penelitian terdahulu tentang *zeolite*, *superplasticizer*, kuat tarik beton, *self-compacting concrete* dengan atau tanpa serat antara lain sebagai berikut ini.

- a. Campuran Semen dengan *Zeolite* Sintetis Terbuat dari Hasil Industri (Vaiciukyniene dkk., 2015)
- b. Prediksi Kuat Tarik Belah Beton dengan Bahan Tambah *Zeolite* dan Tanah Diatom dengan ANN (Gulbandilar dan Kocak, 2017)
- c. Pengaruh Penambahan Serat *Nylon* terhadap Penggunaan Agregat Daur Ulang pada Beton (Lee, 2019)
- d. Sifat Beton *Self-Compacting Concrete* dengan Menggunakan Agregat Kasar Daur Ulang (Tang dkk., 2016)
- e. Pentingnya Dosis *Superplastizer* pada Campuran Beton Ringan dengan Menggunakan Agregat yang Diperkuat dengan Serat Polypropylene (Shafigh dan Yahaghi, 2016)
- f. Pengoptimalan Kinerja *Self-Compacting Concrete* (Jaya dkk., 2017)
- g. Sifat Ketahanan *Self-Compacting Concrete* dengan Campuran *Fly Ash*, Serbuk Kapur dan Metakaolin (Khan dan Sharma, 2015)
- h. Pengaruh Hibridisasi Serat pada Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Permeabilitas Air SFRC (Singh dkk., 2014)
- i. Pengaruh Gum Arabic Karro sebagai Bahan Tambah untuk Mengurangi Air pada Semen Mortar (Mbugua dkk., 2016)
- j. Kekuatan dan Kegagalan Karakteristik *Self-Compacting Concrete* yang Mengandung Agregat Limbah Kaca (Al-Bawi dkk., 2017)

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

Pratiwi dkk. (2016) melakukan penelitian dengan menggunakan agregat halus (pasir) dengan yang berasal dari Sungai Progo. Jenis- jenis pemeriksaan yang dilakukan seperti pengujian gradasi, penyerapan air, modulus halus butir

(MHB), berat jenis, berat satuan, kadar air dan kadar lumpur. Table 2.1 merupakan hasil pengujian agregat halus (pasir) yang berasal dari Sungai Progo.

Tabel 2. 1 Hasil pengujian agregat halus dari Sungai Progo (Pratiwi dkk., 2016)

No	Jenis Pengujian Agregat Halus	Hasil
1	Gradasi daerah	No.2
2	Modulus halus butir	2,648
3	Berat jenis	2,58
4	Berat satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	1,31
5	Kadar air (%)	4,575
6	Penyerapan air (%)	0,276
7	Kadar lumpur (%)	4,532

### 2.1.2. Penelitian Terdahulu tentang Agregat Kasar

Pratiwi dkk. (2016) melakukan penelitian dengan menggunakan agregat kasar (*split*) Clereng yang berasal dari Kulon Progo. Adapun pemeriksaan yang dilakukan seperti pengujian berat jenis, kadar air, berat satuan, keausan, penyerapan air dan kadar lumpur. Tabel 2.2 menunjukkan hasil pengujian agregat kasar (*split*) Clereng, Kulon Progo.

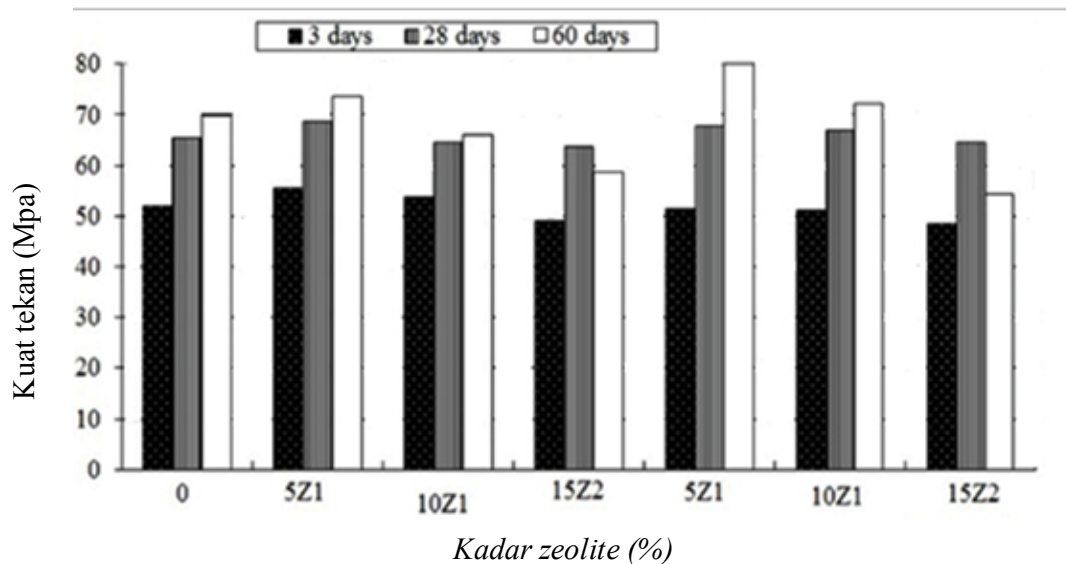
Tabel 2. 2 Hasil pengujian agregat halus dari Sungai Progo (Pratiwi dkk., 2016)

No	Jenis Pengujian Agregat Kasar	Hasil
1	Berat jenis	2,63
2	Kadar air (%)	1,55
3	Berat satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	21,36
4	Keausan (%)	0,549
5	Penyerapan air (%)	1,438
6	Kadar lumpur (%)	1,750

### 2.1.3. Penelitian Terdahulu tentang Zeolite

Vaiciukyniene dkk. (2015) melakukan penelitian dengan menggunakan dua jenis *zeolite* sintetis yaitu 1-*zeolite* dan 2-*zeolite* yang digunakan sebagai bahan tambah pada pasta semen yang dikeraskan. Penambahan *zeolite* sintetis untuk mengurangi penggunaan semen Portland, presentase *zeolite* sintetis yang

digunakan adalah 0%, 5%, 10% dan 15%. Pasta semen yang dikeraskan diuji kuat tekan pada usia 3, 28 dan 60 hari. Gambar 2.1 menunjukkan kuat tekan paling tinggi pada umur pasta semen yang dikeraskan pada umur 60 hari dengan presentase pengurangan semen Portland sebanyak 5% dengan menggunakan 2-zeolite. Kuat tekan paling rendah didapatkan pada umur pasta semen yang dikeraskan pada umur 3 hari dengan presentase sebanyak 15% pada 2-zeolite.



Gambar 2. 1 Hubungan kuat tekan beton dan kadar zeolite (Vaiciukyniene dkk, 2015).

Khan dan Sharma (2015) melakukan penelitian dengan menguji ketahanan beton *self-compacting concrete* dengan campuran *fly ash*, serbuk kapur dan metakaolin dengan *superplasticizer* sebanyak 1% dari berat semen. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7, 14, 28 dan 60 hari. Jumlah kadar pozzolan pada setiap komposisi yang digunakan adalah 30% dari berat semen dan *powder*, untuk kadar *fly ash* variasi yang digunakan adalah 5%, 10%, 15%, 30% untuk kadar serbuk kapur variasi yang digunakan adalah 5%, 10%, 15% dan kadar metakaolin variasi yang digunakan adalah 5% dan 10%. Tabel 2.3 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan. Kuat tekan tertinggi dihasilkan pada komposisi beton dengan campuran 20% *fly ash* dan 10% metakaolin yaitu 46,20 MPa pada umur beton 60 hari. Tabel 2.4 menunjukkan hasil penyerapan air pada umur 28 dan 60 hari. Nilai penyerapan paling kecil sebesar 0,301ml/(m<sup>2</sup>.sec) pada umur 60 hari dengan komposisi beton dengan campuran 20% *fly ash* dan 10% metakaolin.

Tabel 2. 3 Hasil kuat tekan (Khan dan Sharma, 2015)

Mix ID	Komposisi	Kuat tekan (MPa)			
		7 hari	14 hari	28 hari	60 hari
M1	70%OPC 30%FA	16,00	21,55	24,18	32,44
M2	70%OPC 25%FA 5%LP	20,18	23,85	26,37	35,09
M3	70%OPC 20%FA 10%LP	23,18	29,39	31,17	41,38
M4	70%OPC 15%FA 15%LP	23,41	31,34	34,50	44,39
M5	70%OPC 25%FA 5%MK	24,38	26,15	32,10	42,34
M6	70%OPC 20%FA 10%MK	24,02	33,56	41,54	46,20

Tabel 2. 4 Hasil penyerapan air (Khan dan Sharma, 2015)

Mix ID	Komposisi	Penyerapan air ml/(m <sup>2</sup> .sec)	
		28 hari (10 min)	60 hari (10 min)
M1	70%OPC 30%FA	0,552	0,530
M2	70%OPC 25%FA 5%LP	0,533	0,527
M3	70%OPC 20%FA 10%LP	0,483	0,341
M4	70%OPC 15%FA 15%LP	0,741	0,805
M5	70%OPC 25%FA 5%MK	0,475	0,336
M6	70%OPC 20%FA 10%MK	0,457	0,301

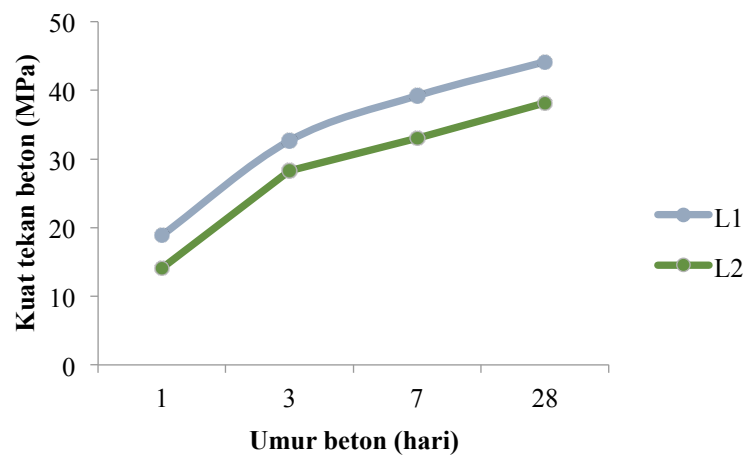
Gulbandilar dan Kocak (2017) memprediksi kuat tarik beton dengan menggunakan bahan tambah zeolite dan tanah diatom yang dimodelkan dengan menggunakan ANN (*Artificial Neural Network*). Penelitian dilakukan pada umur beton 28, 56 dan 90 hari dimana masing-masing memiliki tujuh konstitusi yang berbeda. Tabel 2.5 menunjukkan perbandingan hasil kuat tarik belah beton dari masing-masing konstitusi dan umur beton dengan eksperimen dan dengan model ANN, untuk pengujian kuat tarik belah dengan menggunakan eksperimen dan metode ANN, 1 memiliki hasil kuat tarik belah yang hampir sama. Nilai kuat tarik belah tertinggi adalah 10,0 MPa pada umur 90 hari dengan menggunakan eksperimen dan menggunakan metode ANN, 1. Komposisi yang digunakan adalah campuran beton tanpa menambahkan kadar *zeolite* dan tanah diatomite. Sedangkan nilai kuat tekan terendah yaitu 5,6 MPa pada umur 28 hari dengan komposisi *zeolite* 40 kg dan tanah diatomite 40 kg.

Tabel 2. 5 Perbandingan hasil kuat tarik belah beton dengan model ANN  
(Gulbandilar dan Kocak, 2017)

Hari	Komposisi campuran						Kuat tarik belah beton (MPa)		
	PC(kg)	Zeolite (kg)	Diatomite (kg)	Agregat (kg)	Air (kg)	HP (kg)	Exp	ANN,1	ANN,2
28	400	0	0	1836	139,7	4,80	6,4	6,4	6,4
28	360	0	40	1857	139,1	4,32	6,2	6,2	6,2
28	320	0	80	1836	123,3	4,80	5,8	6,4	6,3
28	360	40	0	1884	139,7	4,32	6,3	5,9	6,4
28	320	80	0	1912	123,2	4,80	6,1	6,1	6,4
28	360	20	20	1897	139,7	4,32	5,8	5,9	5,7
28	320	40	40	1911	124,2	4,80	5,6	5,6	5,7
56	400	0	0	1836	139,7	4,32	8,5	8,5	8,3
56	360	0	40	1857	139,7	4,80	8,3	8,3	8,4
56	320	0	80	1836	139,1	4,32	7,4	7,3	7,5
56	360	40	0	1884	123,3	4,80	8,5	8,8	8,7
56	320	80	0	1912	139,7	4,32	7,2	7,1	7,2
56	360	20	20	1897	123,2	4,80	7,2	7,0	7,0
56	320	40	40	1911	124,2	4,32	6,8	6,6	6,7
90	400	0	0	1836	139,7	4,80	10	10,0	9,8
90	360	0	40	1857	139,1	4,32	9,9	9,7	9,8
90	320	0	80	1836	123,2	4,80	8,6	8,5	8,6
90	360	40	0	1884	139,7	4,32	9,7	9,8	9,9
90	320	80	0	1912	123,2	4,80	8,7	8,8	8,6
90	360	20	20	1897	139,7	4,32	8,1	8,1	8,2
90	320	40	40	1911	124,2	4,80	7,6	7,4	7,6

#### 2.1.4. Penelitian Terdahulu tentang *Superplasticizer*

Shafigh dan Yahaghi (2016) melakukan penelitian untuk mengetahui efek dosis *superplasticizer* (SP) pada campuran beton ringan. Penelitian dengan menggunakan kadar SP 1% pada komposisi campuran beton L1 dan 1,5% pada komposisi campuran beton L2, agregat ringan yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang kelapa sawit yang merupakan limbah padat pertanian. Gambar 2.2 merupakan hasil kuat tekan beton ringan yang diuji pada umur 1,3,7 dan 28 hari. Penggunaan SP 1% memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar dibanding dengan SP 1,5%.



Gambar 2. 2 Hubungan kuat tekan beton dan umur beton (Shafigh dan Yahaghi, 2016).

Mbugua dkk. (2016) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh *gum arabic karro* (GAK) sebagai bahan tambah untuk mengurangi air. Kadar GAK yang digunakan adalah 0%, 0,3%, 0,4%, 0,5%, 0,6%, 0,7%, 0,8%, 0,9% dan 1%. Hasil dari pengujian menghasilkan kuat tekan mortar dengan menggunakan kadar GAK 0,8% dan 0,9% mengalami peningkatan maksimum. Selain mengalami peningkatan, penggunaan kadar *gum arabic karro* (GAK) 0,8% dan 0,9% mampu mengurangi faktor air semen (FAS) dari 0,5 menjadi 0,4.

#### 2.1.5. Penelitian Terdahulu Bahan Tambah Serat *Nylon*

Lee (2019) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan serat *nylon* pada campuran beton dengan menggunakan agregat kasar yang berasal dari daur ulang dan membandingkan dengan yang berasal dari batu yang dipecahkan. Penelitian menggunakan tambahan serat *nylon* sebanyak  $1,2 \text{ kg/m}^3$  dan  $0,6 \text{ kg/m}^3$ . Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7, 28 dan 91 hari. Hasil dari pengujian di dapatkan bahwa beton dengan penambahan serat *nylon* yang menggunakan agregat kasar yang berasal dari batu yang dipecahkan (CAC) lebih besar dibandingkan dengan campuran beton yang menggunakan agregat kasar yang berasal dari daur ulang (RAC). Tabel 2.6 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar CAC, RAC dan penambahan serat *nylon*. Table 2.7 menunjukkan hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan menggunakan agregat kasar CAC, RAC dan penambahan serat *nylon*.

Tabel 2. 6 Hasil pengujian kuat tekan beton (Lee, 2019)

Mix	Kuat tekan (MPa)		
	7 hari	28 hari	91 hari
CAC1	25,6 (0,97)	36,5 (1,14)	41,2 (1,12)
CAC2	37,5 (1,42)	45,6 (1,02)	52,4 (0,76)
CAC3	38,2 (0,88)	49,8 (1,65)	56,6 (1,35)
RAC1	18,6 (1,21)	25,4 (2,18)	30,1 (0,90)
RAC2	27,0 (0,45)	39,5 (0,98)	43,6 (2,33)
RAC3	36,2 (0,81)	47,2 (1,47)	52,6 (0,66)

Tabel 2. 7 Hasil pengujian kuat tarik belah beton (Lee, 2019)

Mix	Kuat tekan (MPa)		
	7 hari	28 hari	91 hari
CAC1	2,9 (0,14)	4,2 (0,10)	51 (0,22)
CAC2	4,2 (0,20)	5,2 (0,24)	6,0 (0,24)
CAC3	4,4 (0,42)	5,6 (0,32)	6,3 (0,33)
RAC1	1,8 (0,12)	2,5 (0,14)	3,1 (0,24)
RAC2	3,1 (0,22)	3,9 (0,11)	4,7 (0,10)
RAC3	3,7 (0,18)	4,7 (0,23)	5,6 (0,19)

Singh dkk. (2014) melakukan penelitian untuk mengetahui kekuatan beton, kuat tarik dan permeabilitas air pada campuran beton yang mengandung serat baja. Panjang serat baja yang digunakan adalah 12,5 mm, 25mm dan 50 mm dan dengan diameter 0,6 mm. Pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan permeabilitas air dilakukan pada benda uji dengan ukuran 100 x 100 x 100 mm pada umur beton 28 hari. Komposisi beton dengan menggunakan serat 33% 12,5 mm + 33% 25 mm + 33% dan dengan panjang serat baja 50 mm merupakan komposisi yang paling tepat digunakan dalam HySFRC.

#### 2.1.6. Penelitian Terdahulu tentang *Self-Fiber Compacting Concrete*

Tang dkk. (2016) melakukan penelitian untuk menguji sifat campuran *self-compacting concrete* menggunakan agregat kasar daur ulang. Penelitian dengan menggunakan kadar agregat daur ulang (RCA) sebanyak 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%, dimana kadar 0% sebagai kontrol pengujian. Hasil pengujian beton SCC

kuat tekan dan tarik belah beton tidak mengalami peningkatan yang signifikan dengan bertambahnya kadar agregat daur ulang yang digunakan, namun untuk nilai modulus elastis mengalami penurunan dengan bertambahnya kadar agregat daur ulang yang digunakan. Tabel 2.8 menunjukkan hasil kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastis beton SCC.

Tabel 2. 8 Hasil kekuatan beton SCC (Tang dkk., 2016)

Mix	Kuat tekan (MPa)	Kuat tarik (MPa)	Modulus elastis (GPa)
Kontrol	59,4	4,1	31,5
RCA25	63,7	4,9	30,3
RCA50	65,3	4,1	29,5
RCA75	60,0	3,9	28,5
RCA100	53,8	3,8	24,5

Jaya dkk. (2017) melakukan penelitian untuk mengoptimalkan kinerja campuran beton *self-compacting concrete* dengan menggunakan serbuk gelas (10%, 15% dan 20%), *silica fume* (20%, 40% dan 60%), *polycarboxylate ether* (0,8%, 1% dan 1,2%), dan agregat kasar (45%, 50% dan 55%). Tabel 2.9 merupakan hasil pengujian kuat tekan dan *fresh properties*. Hasil kuat tekan tertinggi dihasilkan 56,34 MPa pada campuran beton kode R1 dengan komposisi 45% agregat kasar, 10% serbuk gelas, 20% *silica fume* dan 0,8% *polycarboxylate ether*.

Tabel 2. 9 Hasil pengujian (Jaya dkk., 2017)

Kode	Kuat tekan 28 hari (MPa)	Slump (cm)	V- Funnel (s)	L- Box	Porositas (%)
R1	56,34	79,2	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



Al-bawi dkk. (2017) melakukan penelitian untuk mengetahui kekuatan dan kegagalan dari penggunaan agregat yang berasal dari limbah kaca pada campuran *self-compacting concrete*. Pengujian dengan menggunakan kadar agregat limbah kaca (WG) adalah 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari total berat volume agregat. *Fly Ash* digunakan pada campuran beton dengan kadar 20% dari total berat semen. Hasil dari pengujian nilai kuat tekan terendah adalah 46,6 MPa.

### 2.1.7. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Beberapa perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang sebagai berikut ini.

Tabel 2. 10 Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang

No	Penelitian	Tahun	Jenis penelitian	Perbedaan Komposisi Material	
				Terdahulu	Sekarang
1	Campuran Semen dengan <i>Zeolite</i> Sintetis Terbuat dari hasil Industri (Vaiciukyniene dkk.)	2015	Pengujian lab	Penggunaan dengan <i>zeolite</i> sintetis dengan menguji kuat tekan beton pada umur 3, 28 dan 60 hari.	Penggunaan <i>zeolite</i> alam menguji kuat tarik belah beton pada umur 7, 14 dan 28 hari.
2	Prediksi Kuat Tarik Belah Beton dengan Bahan Tambah <i>Zeolite</i> dan Tanah Diatom dengan ANN (Gulbandilar dan Kocak)	2017	Eksperimen	Penggunaan <i>zeolite</i> dan tanah diatom dengan menguji kuat tarik belah dengan menggunakan metode ANN.	Penggunaan <i>zeolite</i> dengan menguji kuat tarik belah.
3	Pengaruh Penambahan Serat Nylon terhadap penggunaan agregat daur ulang pada	2019	Pengujian lab	Penggunaan serat <i>nylon</i> dengan panjang 12,5 mm, 25 mm, 50 mm	Penggunaan serat <i>nylon</i> dengan panjang 50 mm.

Tabel 2.10 Lanjutan

No	Penelitian	Tahun	Jenis penelitian	Perbedaan Komposisi Material	
				Terdahulu	Sekarang
	beton (Lee)				
4	Sifat Beton <i>Self-Compacting Concrete</i> dengan Menggunakan Agregat Kasar Daur Ulang ( Tang dkk.)	2016	Pengujian lab	Penggunaan agregat kasar yang berasal dari agregat daur ulang.	Penggunaan agregat kasar ( <i>split</i> ) yang berasal dari Clereng, Kulon Progo.
5	Pentingnya Dosis <i>Superplasticizer</i> pada Campuran Beton Ringan dengan Menggunakan Agregat yang Diperkuat dengan Serat <i>Plypropylene</i> ( Shafigh)	2016	Pengujian lab	Penggunaan <i>Superplasticizer Sika ViscoCrete-15 RM</i> dengan kadar yang digunakan 1% dan 1,5% .	Penggunaan <i>Superplasticizer Sikament LN</i> dengan kadar yang digunakan adalah 1,5%.
6	Pengoptimalan Kinerja <i>Self-Compacting Concrete</i> (Jaya, dkk)	2017	Pengujian Lab	Penggunaan serbuk gelas, <i>silica fume</i> , <i>polycarboxylate ether</i>	Penggunaan <i>zeolite</i> , serat <i>nylon</i> dan <i>Sikament LN</i> .
7	Sifat Ketahanan <i>Self-Compacting Concrete</i> dengan Campuran <i>Fly Ash</i> , Serbuk Kapur dan Metakaolin (Khan dan Sharma)	2015	Pengujian lab	Penggunaan <i>fly ash</i> , serbuk kapur dan metakaolin sebagai <i>pozzolan</i> .	Penggunaan <i>zeolite</i> sebagai <i>pozzolan</i> .
8	Pengaruh Hibridisasi Serat pada Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Permeabilitas.	2014	Pengujian lab	Penggunaan serat baja dengan menguji	Penggunaan <i>zeolite</i> , <i>Sikament LN</i> dan serat <i>nylon</i>

Tabel 2.10 Lanjutan

No	Penelitian	Tahun	Jenis penelitian	Perbedaan Komposisi Material	
				Terdahulu	Sekarang
				kuat tekan, kuat tarik dan permeabilitas air.	dengan menguji <i>fresh properties</i> dan kuat tarik belah beton.
9	Pengaruh Gum Arabic Karro sebagai Bahan Tambahn untuk Megurangi Air pada Semen Mortar (Mbugua dkk.)	2016	Pengujian lab	Penggunaan <i>gum arrabic karro</i> (GAK) sebagai bahan tambah untuk mengurangi air..	Penggunaan <i>Sikament LN</i> untuk mengurangi penggunaan air.
10	Kekuatan dan Kegagalan Karakteristik <i>Self-Compacting Concrete</i> yang Mengandung Agregat Limbah Kaca (Al-Bawi dkk.)	2017	Pengujian lab	Penggunaan agregat dari limbah kaca dan campuran <i>fly ash</i> .	Penggunaan pasir dari kali progo dan kerikil dari Clereng dengan campuran <i>zeolite</i> .

Menurut sepengetahuan penulis, penelitian yang dilakukan sekarang dengan judul *fresh properties* dan kuat tarik belah *self-fiber compacting concrete* (SFCC) dengan bahan tambah *zeolite* dan serat *nylon* belum pernah dilakukan pada penelitian terdahulu.

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Beton

Beton (*concrete*) adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (BSN, 2013).

## 2.2.2. Bahan Penyusun Beton

### 2.2.2.1 Semen

Semen atau semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling secara bersama-sama dengan satu atau lebih bahan tambahan yang berbentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (BSN, 2004).

BSN (2004) semen portland dibagi menjadi lima jenis yang akan dijelaskan sebagai berikut ini.

- a. Jenis I, semen portland yang umum digunakan dan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus untuk penggunaannya.
- b. Jenis II, merupakan semen portland yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang dalam penggunaannya.
- c. Jenis III, semen portland dimana dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV, semen portland yang memerlukan kalor hidrasi rendah dalam penggunaannya.
- e. Jenis V, merupakan semen portland yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat dalam penggunaannya.

Semen memiliki bahan dasar dalam penyusunnya, bahan-bahan tersebut merupakan bahan yang mengandung kapur, silica, oksidasi besi. Tabel 2.11 menunjukkan unsur-unsur dan persentase penyusun semen yang mengacu pada BSN (1989).

Tabel 2. 11 Unsur-unsur penyusun semen (BSN, 1989)

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

#### 2.2.2.2 Air

Air yang diperbolehkan untuk digunakan dalam pembuatan campuran beton menurut (ASTM, 2015) adalah sebagai berikut ini.

- a. Air yang diukur atau ditimbang di *batching plant*.
- b. Es.
- c. Air yang ditambahkan oleh operator truk.
- d. Air bebas dari agregat.
- e. Air yang telah dicampurkan dengan bahan tambahan dan dapat meningkatkan rasio air semen lebih dari 0,01.
- f. Air yang dapat diminum dapat digunakan dalam campuran beton tanpa harus diuji.
- g. Air yang sebagian atau seluruhnya berasal dari air yang tidak dapat diminum atau dari operasi produksi beton dapat digunakan untuk campuran beton hingga batas untuk memenuhi persyaratan.
- h. Air yang tidak dapat diminum harus memenuhi persyaratan.
- i. Air yang berasal dari beberapa sumber air, dimana satu dari sumber tersebut merupakan air sisa produksi beton, maka harus memenuhi persyaratan.

#### 2.2.2.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum 4,76 mm yang berasal dari alam, dihasilkan dari disintegrasi dari batuan atau hasil olahan yaitu agregat halus yang dihasilkan dari pemecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau terak tanur tinggi (BSN, 2002). Persyaratan umum penggunaan agregat halus menurut (BSN, 2002) yang diperbolehkan sebagai berikut ini.

- a. Agregat halus yang digunakan tidak boleh berbutir bulat dan berukuran seragam.
- b. Tidak mengandung zat organik.
- c. Kadar lumpur maksimum yang diperbolehkan adalah 5%. Apabila melebihi 5% maka agregat perlu dicuci.
- d. Agregat harus tetap bersifat kekal terhadap cuaca atau apabila diuji dengan menggunakan larutan.
- e. Nilai modulus kehalusan antar 2,0 sampai 3,0 apabila lebih kecil dari 2,0 atau lebih besar dari 3,0 maka perlu dilakukan pengaturan proporsi kembali.

#### 2.2.2.4 Agregat Kasar

Agregat kasar atau kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu dipecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm (BSN, 2002). Agregat kasar yang digunakan sebaiknya memenuhi syarat seperti berikut ini.

- a. Butir dari agregat kasar tidak boleh berpori dan harus keras dengan indeks kekerasan  $\leq 5\%$  apabila diuji dengan bejana *Los Angeles*.
- b. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
- c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila lebih dari 1% maka agregat harus dicuci.
- d. Agregat kasar yang berbentuk pipih tidak boleh lebih dari 20%.
- e. Modulus halus butir antara 6 – 7,10 dengan variasi butir sesuai standar gradasi.

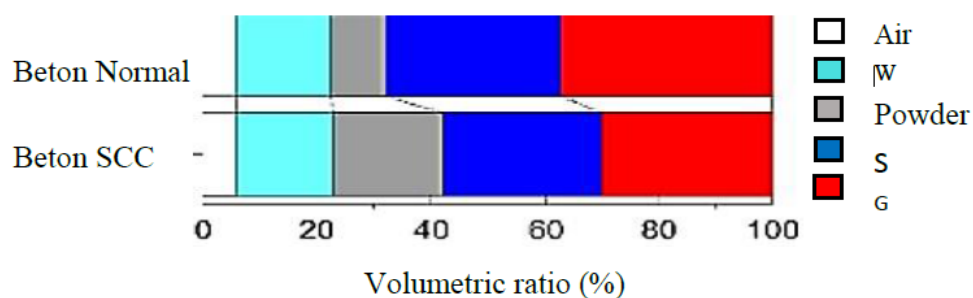
#### 2.2.3. *Self-Fiber Compacting Concrete*

*Self-Compacting Concrete* adalah beton yang memiliki tingkat kecairan (*fluidity*) yang tinggi, dengan begitu beton SCC mampu mengalir dan mengisi ruang-ruang di dalam cetakan tanpa memerlukan proses pemadatan dengan alat (Tjaronge dkk., 2006). Definisi beton serat adalah beton yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan pengikat hidrolis lainnya yang ditambah dengan agregat halus dan agregat kasar, air dan diperkuat dengan serat (Adianto dan Joewono, 2006).

Kelebihan dari penggunaan beton SCC adalah sifat beton yang lebih encer dibandingkan dengan beton konvensional, oleh karena itu beton SCC dapat memadat sendiri dengan begitu tidak membutuhkan alat pemadat atau *vibrator*, selain itu dapat mengurangi tenaga kerja, mengurangi kebisingan akibat suara yang dihasilkan dari alat pemadat, dan yang lebih penting adalah mampu mempercepat waktu pelaksanaan proyek. Kekurangan penggunaan SCC antara lain karena sifat yang encer SCC sangat mudah untuk mengalami segregasi, oleh karena itu beton harus dijaga agar tidak mengalami segregasi namun tetap memenuhi syarat *flowabilitas*.

##### 5.2.3.1. Material Penyusun Beton *Self-Fiber Compacting Concrete*

Perbedaan beton SCC dan beton konvensional adalah komposisi dari campurannya. Agregat pada campuran beton konvensional memiliki komposisi agregat kasar 70-75% dari total berat volume beton. Sedangkan komposisi agregat kasar pada campuran beton SCC dibatasi dengan jumlah sekitar kurang lebih 50% dari total berat volume beton. Pembatasan agregat kasar pada beton SCC karena beton SCC harus mengalir dan memadat sendiri tanpa harus menggunakan alat pemadat (Okamura dan Ouchi, 2003). Gambar 2.3 menunjukkan perbandingan komposisi yang digunakan untuk campuran beton normal dan SCC, pada gambar dapat diketahui dengan jumlah air yang sama namun komposisi *powder* pada SCC lebih banyak.



Gambar 2. 3 Perbandingan komposisi campuran pada SCC dan beton normal (Okamura dan Oichi, 2003).

#### 5.2.3.2. Sifat *Self-Fiber Compacting Concrete*

Beton *self-compacting concrete* (SCC) memiliki kemampuan untuk mengisi atau memenuhi ruang dengan sendirinya tanpa mengalami segregasi. Syarat agar beton dikatakan sebagai beton *self-compacting concrete* harus memiliki sifat seperti berikut ini.

a. *Viscosity*

Kekentalan beton yang ditentukan dengan melakukan pemeriksaan kecepatan aliran beton. Pemeriksaan ini menggunakan alat *V-funnel*, kekentalan rendah apabila kecepatan aliran beton singkat dan kekentalan tinggi apabila kecepatan aliran beton lebih lama.

b. *Flow ability*

Kemampuan campuran beton segar untuk mengalir dengan mudah, pengujian yang dapat digunakan adalah *slump flow* dan meja sebar T50.

c. *Passing ability*

Kemampuan campuran beton segar untuk bisa melewati struktur ruangan, pengujian yang dapat dilakukan adalah dengan *L-box*.

d. *Segregation resistance*

Kemampuan beton segar untuk tetap menjaga kehomogenan saat dilakukannya pengecoran.

5.2.3.3. Pemeriksaan *Self-Fiber Compacting Concrete*

Sebelum campuran beton digunakan untuk pengecoran, campuran beton harus dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu. Pemeriksaan ini untuk mengetahui komposisi dari campuran beton telah memenuhi persyaratan untuk dapat digunakan atau tidak. Pemeriksaan campuran beton segar SCC mengacu pada *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products* (EFNARC) yang akan ditunjukkan pada tabel 2.12. Beberapa metode yang digunakan untuk memeriksa campuran beton SCC adalah sebagai berikut ini.

a. *Slump flow*

Pengujian ini untuk mengetahui kemampuan *flowability* campuran beton SCC segar, pengujian *slump flow* dengan menggunakan *abrams cone* dan meja sebar T50 cm. Menurut *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products* (EFNARC) pemeriksaan ini memiliki kriteria nilai *slump flow* 650-800 mm dan dengan durasi waktu 2-5 detik.

b. *L-box*

Pengujian untuk mengetahui kemampuan *passing ability* campuran beton SCC segar. Menurut EFNARC kriteria yang dipakai adalah dengan perbandingan  $h_2/h_1$  antara 0,8-1.

c. *V-funnel*

Pengujian *v-funnel* digunakan untuk mengetahui kemampuan *viskositas* dan *filling ability* campuran beton SCC segar. Alat yang digunakan adalah corong berbentuk V dimana bagian bawah terdapat pintu yang dapat dibuka dan ditutup. Campuran beton SCC dimasukkan sampai penuh kemudian dikeluarkan melalui pintu pada bagian bawah corong. Menurut EFNARC kriteria pemeriksaan *v-funnel* memiliki durasi waktu 6-12 detik



Tabel 2. 12 Kriteria pemeriksaan campuran beton SCC segar (EFNARC, 2002)

Pemeriksaan	Kisaran
<i>Slump flow</i>	650 mm – 800 mm
<i>V-funnel</i>	6 – 12 detik
<i>L-box</i>	$\geq 0,8$
<i>J-ring</i>	$\pm 10$ mm
T50 cm	2 – 5 detik

#### 2.2.4. Zeolite

*Zeolite* merupakan salah satu kelompok dari silikat alumunium yang terhidrasi dari alkali dan alkali tanah yang lunak biasanya berwarna putih atau terang. *Zeolite* digunakan sebagai pengisi dari rongga-rongga (ASTM, 2015). *Zeolite* yang digunakan berasal dari Jawa Tengah. Tabel 2.13 menunjukkan komposisi kimia yang terdapat pada semen portlan dan *zeolite*.

Tabel 2. 13 Komposisi kimia semen portland dan *zeolite* (E.Gulbandilar dan Y.Kocak, 2017)

Material	PC (%)	Zeolite (%)
SiO <sub>2</sub>	18,68	68,85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,67	11,71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,53	1,29
CaO	64,56	3,97
MgO	0,98	1,06
SO <sub>3</sub>	3	0,18
Na <sub>2</sub> O	0,14	0,29
K <sub>2</sub> O	0,73	2,19

#### 2.2.5. Superplasticizier (Sikament LN)

*Superplasticizier* atau sering disebut SP digunakan dalam pembuatan campuran beton *self-compacting concrete*. Penggunaan SP untuk mempercepat pengerasan beton dan untuk mengurangi kebutuhan air dalam campuran beton. *Superplasticizier* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Sikament LN* dari PT Sika Indonesia sebagai zat pereduksi air untuk meningkatkan *workability* yaitu kemudahan dalam pengerjaan yang sesuai dengan ASTM (2015).

### 2.2.6. Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder tidak langsung diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin benda uji ditekan (BSN, 2002). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tarik belah beton sebagai berikut ini.

a. Pemeliharaan beton

Kekuatan beton akan bertambah dengan bertambahnya umur beton itu sendiri, semakin lama pemeliharaan beton maka mampu menambah kekuatan beton.

b. Sifat agregat

Sifat beton perlu diketahui untuk mengetahui kekerasan permukaan, gradasi dan ukuran agregat.

c. Faktor air semen

Penggunaan nilai faktor air semen (fas) yang tinggi mampu mengurangi tingkat kekuatan beton.

Hasil dari pembebanan harus dihitung dengan Persamaan 2.1 menurut BSN (2014) sebagai berikut ini.

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(2.1)$$

keterangan :

$F_{ct}$  = kuat tarik belah dalam MPa,

P = beban benda uji maksimum (beban belah/ hancur) dalam newton (N)  
yang ditunjukkan mesin uji tekan,

L = panjang benda uji dalam mm, dan

D = diameter benda uji dalam mm.