

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Hasil Pengujian Agregat Halus (pasir)**

##### **4.1.1. Pengujian gradasi butiran**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui modulus halus butir atau ukuran butir agregat halus yang mengacu pada ASTM, 2014. Pengujian gradasi menggunakan agregat halus yang berasal dari Sungai Progo dengan pengujian sebanyak tiga kali. Hasil pengujian pertama didapatkan nilai modulus halus butir 2,36%, pengujian kedua 2,25%, dan pengujian ketiga 2,25%. Nilai modulus halus butir yang semakin kecil menunjukkan ukuran butir agregat yang semakin kecil. Hasil pengujian dan perhitungan gradasi butir agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 1.

##### **4.1.2. Pengujian kadar lumpur agregat halus**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui presentasi lumpur yang terdapat pada agregat halus. Kadar lumpur yang diperbolehkan adalah 5% berdasarkan BSN, 1989. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali, hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata kadar lumpur adalah 4%. Hasil pengujian dan perhitungan kadar lumpur dapat dilihat pada Lampiran 2.

##### **4.1.3. Pengujian kadar air agregat halus**

Pengujian ini untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam agregat halus. Hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata kadar air agregat halus adalah 11,97%. Sedangkan batas normal untuk kadar air yang diperbolehkan adalah 1% - 2%. Hasil pengujian dan perhitungan terdapat pada Lampiran 3.

##### **4.1.4. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus**

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali, berdasarkan pengujian dihasilkan nilai rata-rata berat jenis curah sebesar 2,57, berat jenis tampak 2,77, berat jenis jenuh kering muka 2,65, dan penyerapan air agregat halus sebesar 2,81. Batas yang diperbolehkan untuk berat jenis agregat normal adalah 2,50 – 2,70 (Tjokrodimuljo, 2007). Hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 4.

#### 4.1.5. Pengujian berat satuan agregat halus

Pengujian ini untuk mengetahui agregat halus yang digunakan mampat atau beronggo. Berat satuan agregat merupakan berat agregat dalam satu datuan volume bejana, nilai standar untuk agregat normal adalah 1,50 – 1,80 (Tjokrodimuljo, 2007). Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan memiliki nilai berat satuan rata-rata sebesar 1,72 gram/cm<sup>3</sup>. Hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 5. Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian agregat halus.

Tabel 4. 1 Hasil pengujian agregat halus progo

No	Pengujian	Satuan	Nilai
1	Gradasi	-	Memenuhi standar ASTM
2	Kadar lumpur	%	4
3	Kadar air	%	1,97
4	Berat jenis	-	2,67
5	Penyerapan air	%	2,81
6	Berat satuan	gram/cm <sup>3</sup>	1,72

#### 4.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar (kerikil/ *split*)

##### 4.2.1. Pengujian keausan agregat kasar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi *Los Angeles*. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali. Berdasarkan pengujian nilai rata-rata keausan agregat kasar adalah 33%. Hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 6.

##### 4.2.2. Pengujian kadar lumpur agregat kasar

Pengujian ini untuk menentukan kadar persentase lumpur yang terdapat pada agregat kasar. Kadar persentase lumpur agregat kasar normal yang diizinkan adalah 1% (BSN,1989). Berdasarkan hasil pengujian nilai persentase kadar lumpur adalah 4,91%, sehingga agregat kasar yang akan digunakan harus dicuci sampai bersih. Hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 7.

##### 4.2.3. Pengujian kadar air agregat kasar

Pengujian ini untuk mengetahui presentase kadar air yang terdapat pada agregat kasar yang akan digunakan. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali. Berdasarkan hasil pengujian, presentase kadar air rata-rata sebesar 3,71%. Hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 8.

#### 4.2.4. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Pengujian ini untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berdasarkan hasil pengujian nilai rata-rata berat jenis jenuh kering muka agregat kasar adalah 2,58 sehingga tergolong ke dalam agregat normal yaitu antara 2,5 – 2,7 (Tjokrodinuljo, 2007). Nilai penyerapan air agregat kasar yang dihasilkan adalah 2,82%. Hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 9.

#### 4.2.5. Pengujian berat satuan agregat kasar

Pengujian ini untuk menentukan berat isi agregat kasar. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali dengan nilai rata-rata berat satuan agregat kasar adalah 1,53 gram/cm<sup>3</sup>. Hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 10. Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian agregat kasar.

Tabel 4. 2 Hasil pengujian agregat kasar

No	Pengujian	Satuan	Nilai
1	Keausan agregat	%	33
2	Kadar lumpur	%	4,91
3	Kadar air	%	3,71
4	Berat jenis	-	2,58
5	Penyerapan air	%	2,82
6	Berat satuan	gram/cm <sup>3</sup>	1,53

#### 4.3. Hasil Pengujian *Fresh Properties*

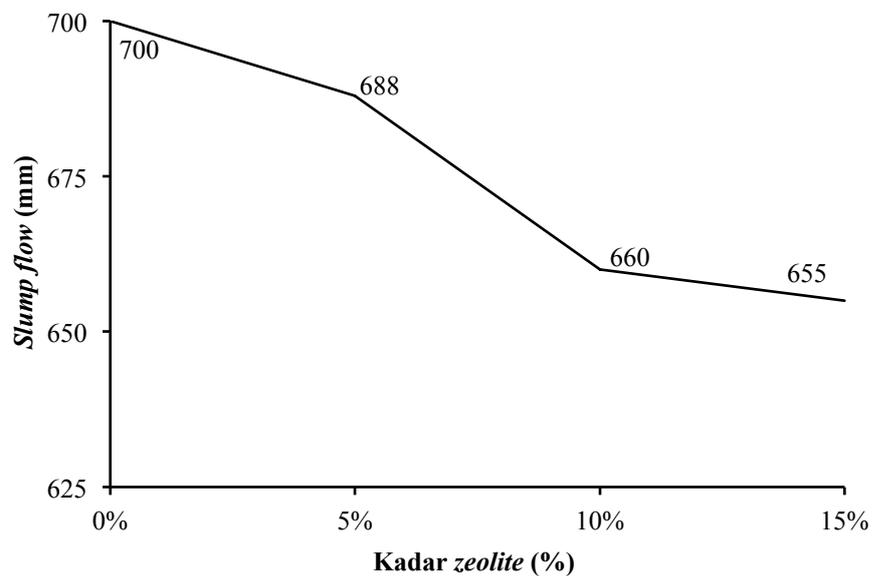
Pengujian pada campuran beton segar dilakukan untuk mengetahui kemampuan mengisi (*filling ability*), kemampuan melewati (*passing ability*), kemampuan mengalir (*flowability blocking*), segregasi dan stabilitas beton. Pengujian dilakukan sebanyak empat jenis, yaitu pengujian *slump flow*, *l-box*, *v-funnel*, dan meja sebar T50. Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian *fresh properties self-fiber compacting concrete* dengan menggunakan bahan tambah *zeolite* telah memenuhi klasifikasi standar dalam *European Federation Of*

*National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products* (EFNARC).

Tabel 4. 3 Hasil pengujian *fresh properties* dengan bahan tambah *zeolite*

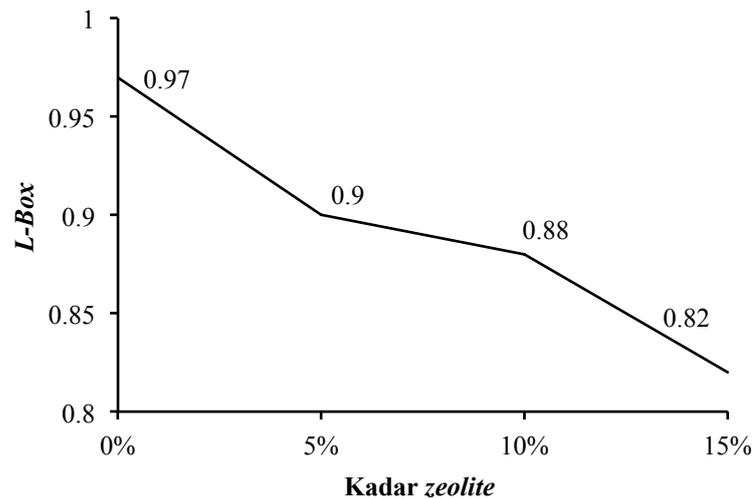
Variasi	<i>Slump flow</i> (mm)	<i>V-funnel</i> (detik)	<i>L-box</i> H2/H1	T50 (detik)
0%	700	4,48	0,97	2,53
5%	688	8,27	0,9	4,57
10%	660	10,12	0,88	4,8
15%	655	10,28	0,82	4,95

Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengujian *slump flow* beton SFCC dengan menggunakan bahan tambah *zeolite* variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%, berdasarkan hasil pengujian *slump flow* secara berurutan mengalami penurunan yaitu 700 mm, 688 mm, 660 mm, dan 655 mm.



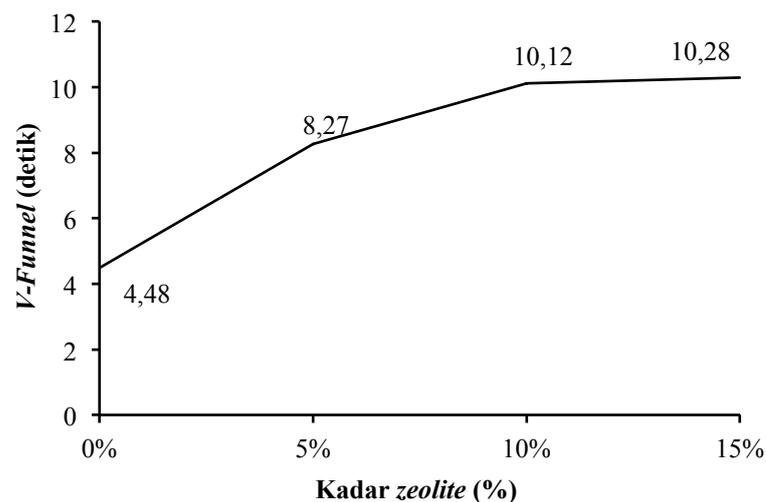
Gambar 4. 1 Hubungan hasil uji *slump flow* dan kadar *zeolite*.

Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengujian *l-box* beton SFCC dengan bahan tambah *zeolite* variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%, hasil pengujian menghasilkan nilai *l-box* secara berurutan yaitu 0,97, 0,9, 0,88, dan 0,82. Berdasarkan acuan EFNARC pengujian L-box telah memenuhi syarat



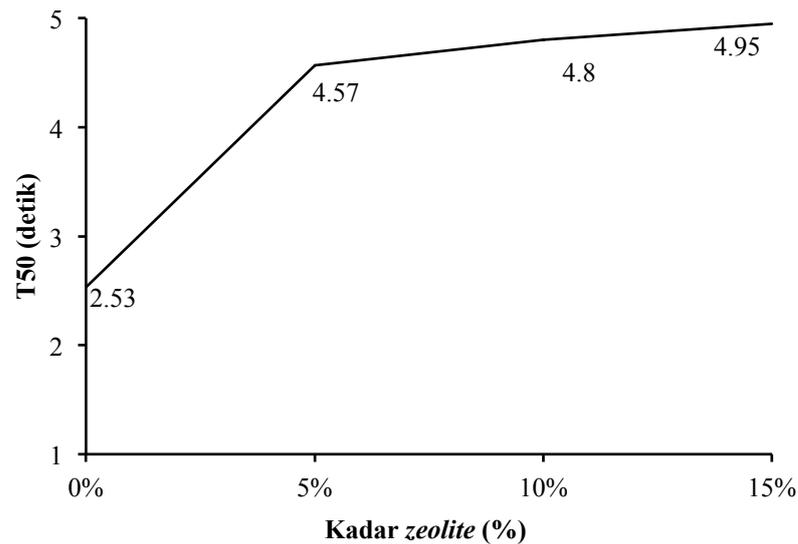
Gambar 4. 2 Hubungan hasil uji *l-box* dan kadar *zeolite*.

Gambar 4.3 menunjukkan hasil pengujian *v-funnel* beton SFCC dengan menggunakan bahan tambah *zeolite* variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% dengan hasil berurutan 4,48 detik, 8,27 detik, 10,12 detik dan 10,28 detik, berdasarkan hasil tersebut semakin variasi *zeolite* bertambah maka waktu yang diperlukan beton segar *self- fiber compacting concrete* untuk mengalir semakin lama.



Gambar 4. 3 Hubungan hasil uji *v-funnel* dan kadar *zeolite*.

Gambar 4.4 menunjukkan hasil pengujian meja sebar T-50 beton SFCC semakin variasi *zeolite* yang digunakan bertambah maka waktu yang diperlukan beton segar *self- fiber compacting concrete* untuk menyebar semakin lama.



Gambar 4. 4 Hubungan hasil uji T50 dan kadar *zeolite*.

#### 4.4. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton *Self-Fiber Compacting Concrete*

Penelitian ini melakukan pengujian kuat tarik belah beton *self-fiber compacting concrete* (SFCC) pada umur beton 7, 14, dan 28 hari. Bahan tambah yang digunakan adalah *zeolite* dengan presentase variasi 5%, 10%, dan 15% dan serat *nylon* dengan presentase 1% dari berat semen dan *zeolite*. *Superplasticizer* yang digunakan pada penelitian ini adalah *sikamen LN* yang berasal dari PT Sika Indonesia dengan presentase 1,5% dari berat semen dan *zeolite*. Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengujian kuat tarik belah beton normal yaitu tanpa menggunakan bahan tambah *zeolite* dan *nylon*, berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton SFCC variasi *zeolite* 0% tertinggi yaitu 2,88 MPa.

Tabel 4. 4 Hasil pengujian kuat tarik belah SFCC dengan variasi *zeolite* 0%

No	Kode benda uji	Umur (hari)	Kadar <i>nylon</i> (%)	Kadar SP (%)	Kadar <i>zeolite</i> (%)	Kuat tarik belah (MPa)	Kuat tarik belah rata-rata (MPa)
1	TB0%Zt.1	7				2,30	
2	TB0%Zt.2	7				2,00	2,13
3	TB0%Zt.3	7				2,09	
4	TB0%Zt.1	14				2,40	
5	TB0%Zt.2	14	0	1,5	0	2,56	2,57
6	TB0%Zt.3	14				2,75	
7	TB0%Zt.1	28				2,62	
8	TB0%Zt.2	28				3,13	2,88
9	TB0%Zt.3	28				2,89	

Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian kuat tarik belah beton SFCC dengan bahan tambah *zeolite* variasi 5% dan *nylon* 1%, berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton SFCC tertinggi yaitu 3,12 MPa pada umur 28 hari dan kuat tarik belah beton terendah yaitu 2,34 MPa pada umur beton 7 hari.

Tabel 4. 5 Hasil pengujian kuat tarik belah SFCC dengan variasi *zeolite* 5%

No	Kode benda uji	Umur (hari)	Kadar <i>nylon</i> (%)	Kadar SP (%)	Kadar <i>zeolite</i> (%)	Kuat tarik belah (MPa)	Kuat tarik belah rata-rata (MPa)
1	TB5%Zt.1	7				2,24	
2	TB5%Zt.2	7				2,32	2,26
3	TB5%Zt.3	7				2,24	
4	TB5%Zt.1	14				2,57	
5	TB5%Zt.2	14	1	1,5	5	2,66	2,61
6	TB5%Zt.3	14				2,59	
7	TB5%Zt.1	28				2,84	
8	TB5%Zt.2	28				3,30	3,20
9	TB5%Zt.3	28				3,47	

Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengujian kuat tarik belah beton SFCC dengan bahan tambah *zeolite* variasi 10% dan *nylon* 1%, berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton tertinggi yaitu 2,35 MPa pada umur beton 28 hari dan kuat tarik belah beton terendah yaitu 1,78 MPa pada umur 7 hari.

Tabel 4. 6 Hasil pengujian kuat tarik belah SFCC dengan variasi *zeolite* 10%

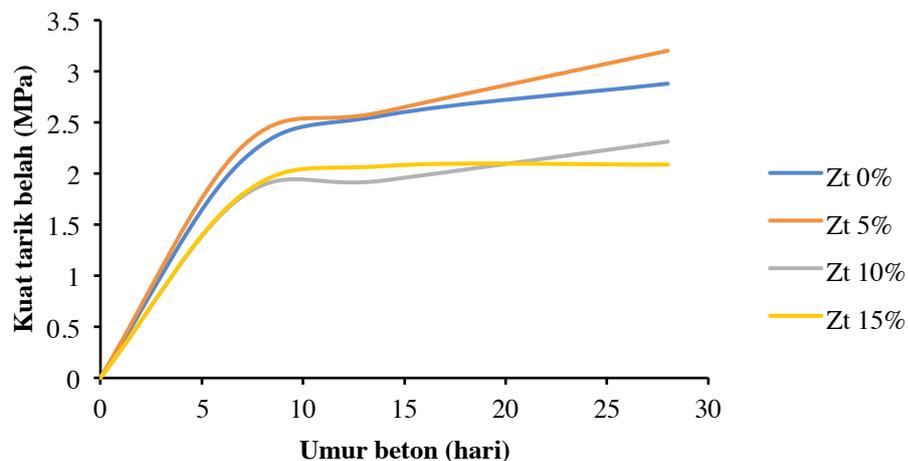
No	Kode benda uji	Umur (hari)	Kadar <i>nylon</i> (%)	Kadar SP (%)	Kadar <i>zeolite</i> (%)	Kuat tarik belah (MPa)	Kuat tarik belah rata-rata (MPa)
1	TB10%Zt.1	7				1,94	
2	TB10%Zt.2	7				1,64	1,78
3	TB10%Zt.3	7				1,74	
4	TB010Zt.1	14				2,04	
5	TB10%Zt.2	14	1	1,5	10	1,85	1,93
6	TB10%Zt.3	14				1,91	
7	TB10%Zt.1	28				2,31	
8	TB10%Zt.2	28				2,54	2,31
9	TB10%Zt.3	28				2,09	

Tabel 4.7 menunjukkan hasil pengujian kuat tarik belah beton SFCC dengan bahan tambah *zeolite* variasi 15% dan *nylon* 1%, berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton tertinggi yaitu 2,09 MPa pada umur beton 28 hari dan kuat tarik belah beton terendah yaitu 1,80 MPa pada umur beton 7 hari .

Tabel 4. 7 Hasil pengujian kuat tarik belah SFCC dengan variasi *zeolite* 15%

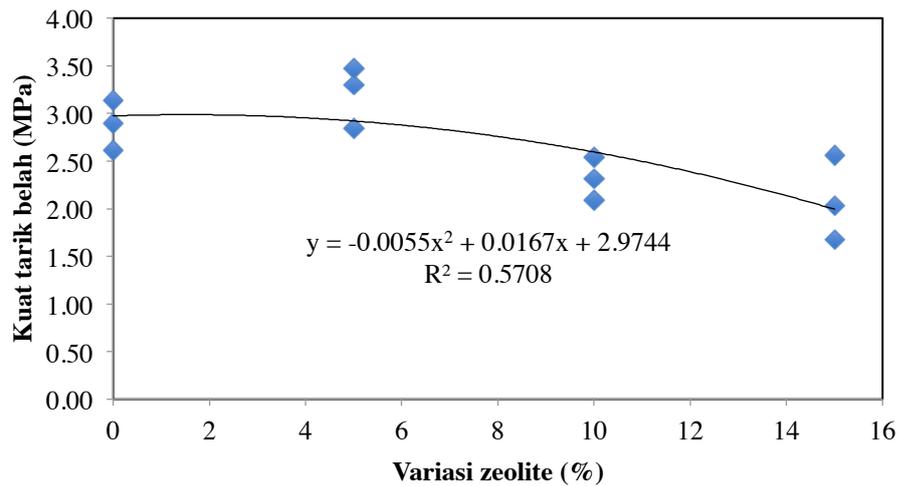
No	Kode benda uji	Umur (hari)	Kadar <i>nylon</i> (%)	Kadar SP (%)	Kadar <i>zeolite</i> (%)	Kuat tarik belah (MPa)	Kuat tarik belah rata-rata (MPa)
1	TB0%Zt.1	7				1,54	
2	TB0%Zt.2	7				1,84	1,80
3	TB0%Zt.3	7				2,00	
4	TB0%Zt.1	14				2,00	
5	TB0%Zt.2	14	0	1,5	0	1,84	2,07
6	TB0%Zt.3	14				2,39	
7	TB0%Zt.1	28				1,68	
8	TB0%Zt.2	28				2,03	2,09
9	TB0%Zt.3	28				2,56	

Hubungan antara kuat tarik belah beton dengan umur beton ditunjukkan pada Gambar 4.5, berdasarkan pengujian penambahan umur beton maka nilai kuat tarik belah beton semakin tinggi, dilihat grafik yang selalu naik ke atas sesuai dengan bertambahnya umur beton SFCC.



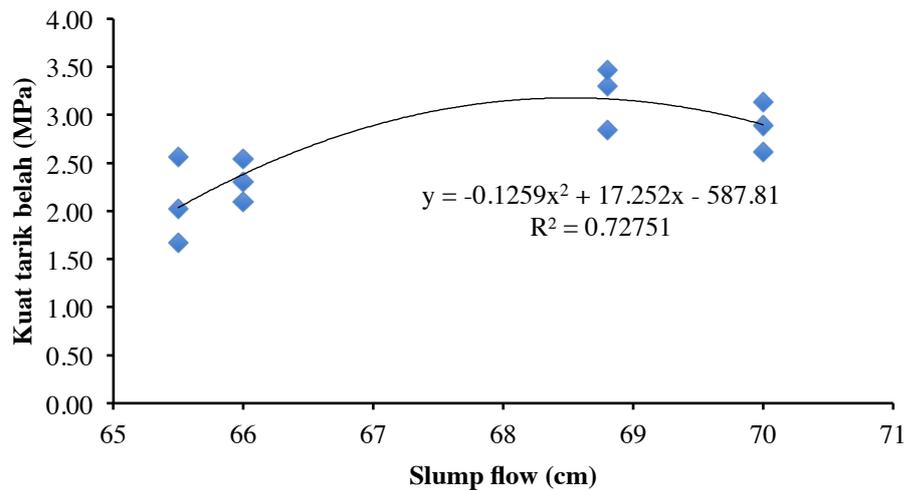
Gambar 4. 5 Hubungan kuat tarik belah dan umur beton.

Gambar 4.6 menunjukkan hubungan kuat tarik belah beton dan variasi *zeolite* dengan persamaan  $y = -0,0055x^2 + 0,0167x + 2,9744$ , berdasarkan persamaan tersebut diperoleh nilai kuat tarik belah optimum dihasilkan pada variasi *zeolite* 2% dengan nilai kuat tarik belah 2,99 MPa. Berdasarkan hasil tersebut maka penggunaan kadar *zeolite* yang berlebih maka kuat tarik belah beton akan semakin lemah.



Gambar 4. 6 Hubungan kuat tarik belah dan kadar *zeolite*.

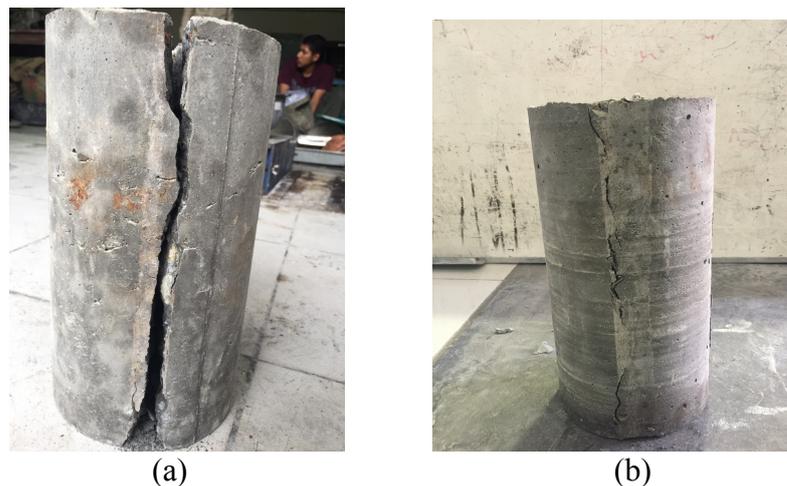
Gambar 4.7 menunjukkan hubungan kuat tarik belah dan hasil uji *slump flow*. Berdasarkan persamaan  $y = -0,1259x^2 + 17,252x - 587,81$  diperoleh nilai kuat tarik belah optimum dapat dicapai dengan nilai *slump flow* 68,5 cm dengan kuat tarik belah sebesar 3,20 MPa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kuat tarik belah akan meningkat hingga nilai *slump flow* mencapai 68,5 cm, kemudian setelah *slump flow* meningkat maka kuat tarik belah akan menurun.



Gambar 4. 7 Hubungan kuat tarik belah dan *slump flow*.

Gambar 4.8 menunjukkan hasil benda uji setelah dilakukan pengujian kuat tarik belah beton dengan menggunakan alat *compression machine test*, dimana kondisi benda uji normal yang dalam campuran beton tidak ditambahkan

*zeolite* dan serat *nylon* setelah diuji kuat tarik belah benda uji terbagi menjadi dua, ini dikarenakan tidak ada bahan yang mampu menahan beton saat diuji tarik dan ditunjukkan pada Gambar 4.8 (a). Gambar 4.8 (b) menunjukkan kondisi benda uji dengan bahan tambah variasi *zeolite* dan serat *nylon*, setelah diuji kuat tarik belah benda uji hanya mengalami keretakan pada selimut beton, ini dikarenakan serat *nylon* yang digunakan pada campuran beton mampu menahan beton saat diuji tarik.



Gambar 4. 8 (a) Benda uji normal (b) Benda uji bahan tambah *zeolite* dan *nylon*.

#### 4.5. Perbandingan Hasil Penelitian Sekarang dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian yang dilakukan sekarang yaitu dengan menggunakan *zeolite* sebagai bahan tambah dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%, selain itu menambahkan serat *nylon* sebanyak 1% dari berat semen dan *zeolite*, *superplasticizer* yang digunakan pada penelitian sekarang adalah *sikament LN* sebanyak 1,5% dari berat semen dan *zeolite*. Sedangkan penelitian terdahulu yang dilakukan (Familia, 2018) menggunakan *kaolin* sebagai bahan tambah sebanyak 5% selain itu penggunaan serat *polypropylene* dengan variasi kadar 1%, 1,5%, dan 2% serta *superplasticizer* yang digunakan adalah *Viscocrete 1003* dengan presentase 1%. Perbedaan hasil penelitian sekarang dan hasil penelitian terdahulu yang dilakukan Familia (2018) dengan pengujian yang sama yaitu pengujian kuat tarik belah beton dengan bahan tambah, serat, dan *superplasticizer* yang berbedadapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perbedaan hasil penelitian terdahulu dan hasil penelitian sekarang

No	Perbedaan Komposisi Bahan Tambah dan Hasil Pengujian	
	Terdahulu (Familia, 2018)	Sekarang
1	Penggunaan kadar kaolin 5%, <i>viscocrete 1003</i> 1%, serta variasi serat <i>polypropylene</i> 1%, 1,5%, dan 2%.	Penggunaan variasi <i>zeolite</i> 5%, <i>Sikament LN</i> 1,5%, serta serat <i>polypropylene</i> 1%.
2	Kuat tarik belah beton tertinggi yaitu 2,20 MPa pada komposisi kaolin 5%, <i>viscocrete 1003</i> 1% dan serat <i>polypropylene</i> 2%.	Kuat tarik belah beton tertinggi yaitu 3,20 MPa pada komposisi <i>zeolite</i> 5%, <i>Sikament LN</i> 1,5% dan serat <i>nylon</i> 1%.

Penelitian *Fresh Properties* dan Kuat Tarik Belah Beton *Self-Fiber Compacting Concrete* dengan Bahan Tambah *Zeolite* dan Serat *Nylon* mendapatkan nilai kuat tarik belah lebih tinggi yaitu 3,20 MPa dibandingkan pada penelitian sebelumnya dengan mendapatkan nilai kuat tarik belah tertinggi yaitu 2,2 MPa pada komposisi bahan tambah yaitu kaolin 5% dan serat *polypropylene* 2%.