



Analisis Penggunaan *Fly Ash* Sebagai *Filler* Pada *High Strength Self Compacting Concrete* Terhadap Kuat Tarik Lentur

Ni Ketut Suputri^{#a}, Steenie E. Wallah^{#b}, Marthin D. J. Sumajouw^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aniketutsuputri12@gmail.com, ^bsteeenie@unsrat.ac.id, ^cdody_sumajouw@yahoo.com

Abstrak

High strength self compacting concrete (HSSCC) merupakan campuran beton dengan mutu tinggi yang memiliki kemampuan memadat sendiri tanpa bantuan alat pemadat atau mesin vibrator. Inovasi beton dengan memanfaatkan limbah sebagai *filler* (bahan pengisi) dapat membantu mengurangi permasalahan lingkungan akibat limbah. *Fly ash* memiliki kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanic, yaitu dapat bereaksi dengan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan tambahn air. Pada penelitian ini akan dibuat variasi *fly ash* sebagai *filler* dengan persentase 0%, 1%, 2%, dan 3%. Serta penggunaan admixture superplasticizer dengan konsentrasi 1,6%. Merujuk pada standarisas, pengujian beton segar meliputi, *slump flow*, *l-shape box*, dan *v-funnel*. Kuatan tekan dan kuat tarik lentur beton telah ditetapkan pada umur beton 28 hari. Nilai kuat tekan maksimum terbesar yang dihasilkan adalah pada variasi persentase 3% yaitu 58,10 Mpa dan nilai kuat tekan dalam variasi 0% yaitu 26,27 MPa, 1% yaitu 44,36 MPa, dan 2% yaitu 52 MPa. Kuat tarik lentur terbesar terdapat pada persentase *fly ash* 3% yaitu 6,46 MPa.

Kata kunci: *high strength self compacting concrete, fly ash, filler, slump, kuat tarik lentur*

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pesatnya pertumbuhan sektor konstruksi di Indonesia yang mencapai 7-8% per tahun. Diprediksikan antara tahun 2017 sampai 2022 bidang konstruksi di Indonesia tumbuh 6,6%. Penggunaan semen tahunan per kapita di Indonesia mencapai sekitar 200 kilogram (Cekindo.com, Sektor Konstruksi dan Bangunan). Tingginya kebutuhan semen di sektor konstruksi menyebabkan terus berkembangnya teknologi yang mempengaruhi variasi dan inovasi beton.

High strength self compacting concrete (HSSCC) merupakan campuran beton dengan mutu tinggi yang memiliki kemampuan memadat sendiri tanpa bantuan alat pemadat atau mesin vibrator. Inovasi ini dapat mempermudah pengerjaan pengecoran sekaligus menghasilkan beton dengan kuat tekan tinggi. Dalam pembuatan beton mutu tinggi penggunaan semen mencapai presentase 34,72% dari total keseluruhan bahan (A.Korua, 2019).

Inovasi beton dengan memanfaatkan limbah sebagai *filler* (bahan pengisi) dapat membantu mengurangi permasalahan lingkungan akibat limbah. Alasan mendasar dari penggunaan limbah sebagai *filler* adalah karena material ini mudah ditemukan. Penambahan *filler* bertujuan untuk meningkatkan kekuatan beton sekaligus mengurangi kecenderungan terjadinya segregasi dan *bleeding* pada beton segar. *Filler* mempunyai diameter berukuran lebih kecil 0,125 mm atau 100% lolos saringan No. 100 dan paling kurang 75% lolos saringan No. 200. Salah satu limbah yang dapat digunakan sebagai *filler* adalah *fly ash*.

Fly ash memiliki kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanic, yaitu dapat bereaksi dengan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan tambahn air. Dengan kandungan *fly ash* tersebut material ini

dapat dijadikan sebagai *filler* (bahan pengganti semen) dalam pembuatan beton SCC (Subakti, 2014). Agar campuran beton menjadi encer maka ditambahkan *admixture superplasticizer* untuk mengurangi penggunaan air.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas penulis melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan *fly ash* sebagai filler pada campuran *High Strength Self Compacting Concrete* terhadap kuat tarik lentur. Serta penulis ingin mengetahui pengaruh variasi *fly ash* sebagai filler.

1.3. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Material pembentuk beton sebagai berikut :
 - a. *Superplasticizer* yang digunakan Tipe F: *High Range Water Reducer* dengan konsentrasi 1,6%.
 - b. Agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah dari Kema.
 - c. Agregat halus yang digunakan yaitu pasir dari Girian.
 - d. Air yang digunakan berasal dari sumur Fakultas Teknik Unsrat.
 - e. Semen Portland Tiga Roda.
 - f. *Fly Ash* yang digunakan diperoleh dari PLTU Sulut-3 2x50 MW Kema.
2. Benda uji menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dan cetakan berbentuk balok dengan lebar 10 cm, tinggi 10 cm, dan panjang 40 cm.
3. Kuat tekan rencana 41 MPa.
4. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik lentur dilakukan pada umur beton 28 hari.
5. Pengaruh suhu, udara dan faktor lain diabaikan
6. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* sebagai filler dengan varian presentase presentasi 0%, 1%, 2%, dan 3% yang berbeda pada HSSCC umur 28 hari.
2. Mengetahui nilai kuat tekan dan kuat tarik lentur pada HSSCC dengan penggunaan *Fly Ash* sebagai filler dengan variasi presentasi 0%, 1%, 2%, dan 3%.
3. Mengetahui perbandingan antara kuat tekan dan kuat tarik lentur beton HSSCC dengan filler *fly ash* presentase varian yang berbeda.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Adanya penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan dalam penggunaan *Fly Ash* sebagai filler pada *High Strength Self Compacting Concrete*.
2. Memperoleh informasi mengenai perbandingan antara kuat tekan dan kuat tarik lentur dengan penggunaan *Fly Ash* sebagai filler pada *High Strength Self Compacting Concrete*.

2. Metode

2.1 Umum

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap pekerjaan di Laboratorium Rekayasa Struktur dan Material, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi. Tahap pertama dalam penelitian ini dimulai dari perispan alat dan bahan, pemeriksaan bahan, perencanaan campuran dilanjutkan dengan pembuatan benda uji, setting alat pengujian dan pengujian benda uji. Semua

tahap pekerjaan dilakukan sesuai pedoman dan standar yang berlaku dengan penyesuaian kondisi dan fasilitas laboratorium yang ada.

2.2 Benda Uji

Pada penelitian ini dimensi benda uji yang digunakan pada kuat tekan adalah silinder dengan ukuran 10 cm x 20 cm. Sedangkan untuk pengujian kuat tarik lentur menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 40 cm. Jumlah keseluruhan benda uji untuk kuat tekan adalah 20 buah silinder dan benda uji untuk kuat tarik lentur adalah 16 buah balok.

2.3 Slump Test

Beton dapat dikatakan campuran *Self Compacting Concrete* apabila hasil *slump test* memenuhi standar EFNARC (2002). *Slum test* campuran *Self Compacting Concrete* meliputi pengujian *slump flow* dilakukan guna mengetahui seberapa besar kemampuan beton mengisi ruang (*Filling Ability*), pengujian *Passing Ability* dengan menggunakan alat *L-Shape Box*, dan pengujian dengan alat *V-Funnel* dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan campuran untuk menahan segregasi (*Segregation Resistance*).

2.4 Mix Design

Sampai saat ini belum ada standar komposisi campuran *Self Compacting Concrete*, untuk mendapatkan karakteristik campuran yang diinginkan trial mix perlu dilakukan. Trial mix dilakukan dengan mengacu pada komposisi campuran (Miza, 2019) dengan campuran komposisi sebagai berikut:

Tabel 1. Rancangan Campuran

Material	Berat Jenis (kg/m ³)	Persentase (%)
Semen	780	34,04
Agregat Kasar	528	23,51
Agregat Halus	760	33,17
Air	210,83	9,20
<i>Superplasticizer</i>	12,48	0,54
Total	2291,31	100

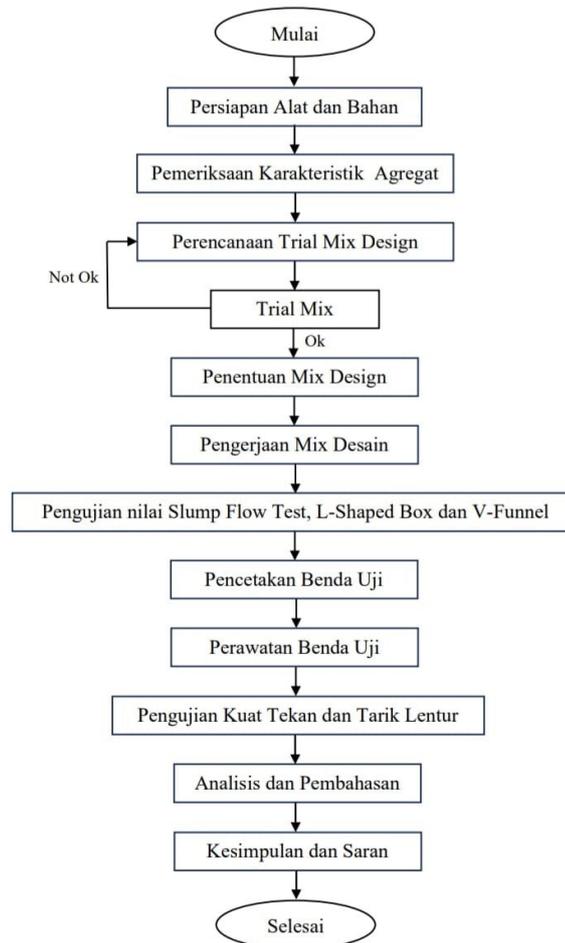
2.5 Langkah-langkah Penelitian

1. Tahapan pertama dalam penelitian ini yaitu persiapan peralatan, persiapan material agregat halus, agregat kasar, air, semen, dan *superplasticizer*. Pada tahapan kedua agregat kasar dan agregat halus dilakukan pemeriksaan sesuai dengan aturan ASTM dan SNI.
2. Dilanjutkan dengan tahap perhitungan perencanaan campuran beton dengan mengacu pada komposisi campuran (Miza, 2019).
3. Tahap selanjutnya dilakukan *trial mix design* menggunakan komposisi campuran yang mengacu pada penelitian yang dilakukan (Miza, 2019) dan (Korua, 2019)
4. Menghitung presentase *fly ash* terhadap berat semen
5. Dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dilakukan pencampuran beton dengan pasir, kerikil, semen, dan *fly ash* secara bertahap ke dalam molen. Air dan *superplasticizer* dicampurkan terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam molen.
6. Molen diputar selama 2-3 menit. Kemudian campuran air dan *superplasticizer* ditambahkan ke dalam molen sedikit demi sedikit lalu biarkan molen terus berputar selama 2 menit dan dilakukan *slump flow test*, *l-shaped box* dan *v-funnel*.
7. Campuran beton segar dimasukkan ke dalam cetakan balok yang telah diolesi oli. Fungsi mengoleskan oli adalah untuk mencegah campuran beton menempel pada cetakan.
8. Beton akan dibiarkan mengeras dalam cetakan selama 24 jam. Setelah 24 jam cetakan dilepas dan benda uji ditimbang untuk mengetahui berat volumenya.
9. Selanjutnya benda uji di *curing* selama 28 hari di dalam bak *curing*.

10. Setelah 28 hari, benda uji dikeluarkan dari bak *curing*, dikeringkan., Dilakukan pemeriksaan benda uji terhadap kuat tarik lentur.
11. Setelah dilakukan pemeriksaan dilanjutkan dengan proses analisa dan terakhir dilakukan pengambilan kesimpulan dan saran.

2.6 Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan pada penelitian ini digambarkan secara skematis pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1 Self Compacting Concrete

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan beton dengan nilai slump cukup tinggi sehingga mampu mengisi rongga dalam beton tanpa menggunakan alat pemadat (*vibrator*). (S. Gumalang, 2016) mendefinisikan *Self Compacting Concrete* (SCC) sebagai jenis beton yang dapat dituang, mengalir, dan menjadi padat dengan berat sendiri. Beton SCC dapat mengalir dan mengisi bekisting dengan sendiri hingga mencapai pemadatan penuh sekalipun pada struktur yang sesak. Beton SCC yang telah mengeras memiliki sifat dan daya tahan yang sama dengan beton konvensional. Beton SCC memiliki fluiditas yang sangat tinggi tanpa segregasi dan dapat mengisi setiap ruang kosong dengan berat beton itu sendiri (Okamura and Ouchi, 2003).

3.2 High Strength Concrete

High Strength Concrete merupakan beton yang mempunyai kuat tekan lebih tinggi dari beton normal umumnya. beton mutu tinggi juga disebut beton kinerja-tinggi sebab mempunyai

sifat lebih unggul dari beton normal (Sumajouw, Dapas and Windah, 2014). Beton mutu tinggi terbentuk dari material yang memiliki sifat mengikat (*blinder*). Kualitas beton tergantung pada material penyusunnya dan kualitas campurannya. Campuran beton kualitas baik dengan bahan tambah (*admixture*), bertujuan untuk mengubah sifat-sifat bahan penyusun beton dalam keadaan segar maupun keras (A. Kurniawandy, Djauhari and Napitu, 2013).

3.3. Fly Ash

Dalam proses pembakaran batu bara menghasilkan dua material sisa yaitu material yang keluar dari cerobong asap tungku pembakaran berupa debu yang sangat halus disebut *fly ash* dan material lainnya berupa debu kasar yang berada pada dasar tungku disebut *bottom ash*. Berdasarkan konteks umum *fly ash* termasuk material yang mempunyai kadar semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolan (Subakti, 2014).

Menurut (ASTM C618-12a, 2012) *Fly Ash* dibedakan menjadi tiga kelas, yang mana tiap kelas ditentukan dari kandungan kimia dan sifat fisiknya antara lain.

Kelas N : Pozolan alam atau hasil pembakaran, pozzolan yang memenuhi persyaratan seperti tanah diatomik, opaline cherts dan shales, tuff dan abu vulkanik atau pumicite, dimana bisa diproses melalui pembakaran atau tidak. Selain itu juga berbagai material hasil pembakaran yang mempunyai sifat pozzolan yang baik.

Kelas F : Memiliki kadar CaO < 10 % (ASTM 20%, CSA 8%)

Kelas C : Memiliki kadar CaO ≥ 10 % (ASTM 20%, dan CSA 8-20% untuk tipe CI dan di atas 20% untuk CH)

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian Kandungan Kimia Fly Ash

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PLTU Sulut-3 2x50 MW Kema, Minahasa Utara, Sulawesi Utara. Berdasarkan hasil pengujian XRF (*X-Ray Fluorescence*) *fly ash* dari PLTU Sulut-3 2x50 MW Kema yang dirujuk dari penelitian terdahulu oleh (T. Korompis, 2023). Hasil pengujian *fly ash* tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimia *Fly Ash* PLTU Sulut-3 2x50 MW Kema

Oksida	Komposisi (%)
Al ₂ O ₃	8,5 %
SiO ₂	19,4 %
P ₂ O ₅	0,2 %
SO ₃	9 %
K ₂ O	1,1 %
CaO	17,2 %
TiO ₂	1,1 %
V ₂ O ₅	0,04 %
Cr ₂ O ₃	0,079 %
MnO	0,43 %
Fe ₂ O ₃	37,32 %
NiO	0,02 %
CuO	0,043 %
SrO	0,55 %
Mo ₂ O ₃	4,2 %
BaO	0,27 %

Oksida	Komposisi (%)
Eu ₂ O ₃	0,41 %
Yb ₂ O ₃	0,02 %
Re ₂ O ₇	0,27 %

Sumber: (T.Korompis, 2023)

4.2 Hasil Pengujian Slump Test

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan *Slump Flow*

Persentase <i>Fly Ash</i> (%)	<i>Slump Flow</i> (mm)	EFNARC (mm)
0	730	
1	707	
2	730	650-800
3	764	

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan *L-Shape Box*

Persentase <i>Fly Ash</i> (%)	<i>Passing Ability</i> (PA)	EFNARC
0	0,9	
1	1,0	
2	1,0	0,8-1,0
3	1,0	

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan *V-Funnel*

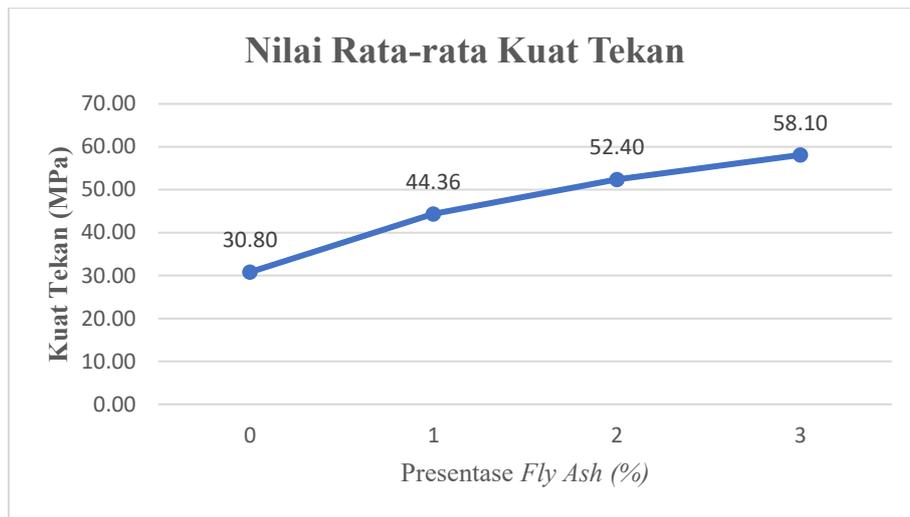
Persentase <i>Fly Ash</i> (%)	Waktu (detik)	EFNARC (detik)
0	18,2	
1	8,71	
2	19,2	6,00-12,00
3	11,28	

4.3 Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Hasil pemeriksaan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menguji sampel silinder dengan alat *compression test*. Tes kuat tekan dilakukan dengan menggunakan benda uji silinder dengan ukuran 10 cm x 20 cm. Dibawah ini hasil tes kuat tekan dapat dilihat pada gambar 4.3 sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Persentase <i>Fly Ash</i> (%)	Kuat Tekan (MPa)
0	30,80
1	44,36
2	52,40
3	58,10



Gambar 2. Grafik Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan

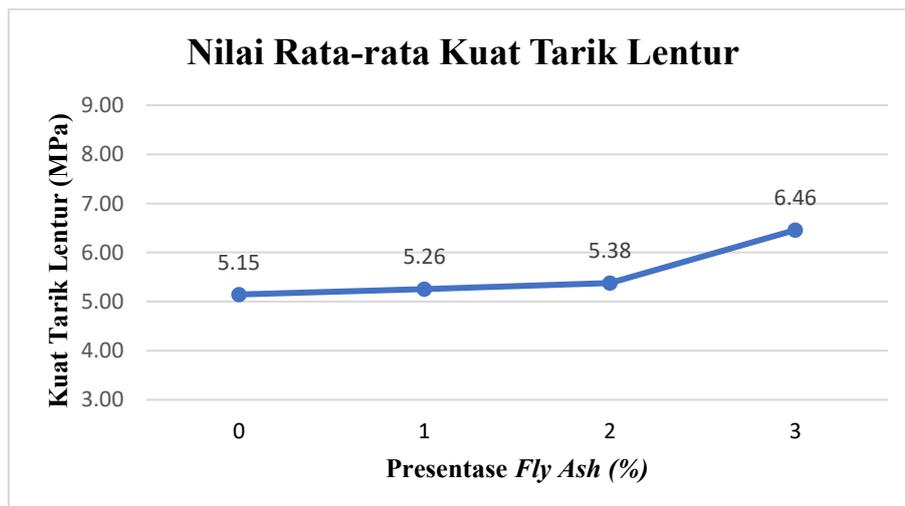
Dari Gambar 2, nilai kuat tarik lentur mengalami kenaikan dan nilai kuat tarik lentur terbesar terdapat pada presentase *fly ash* 3% dengan nilai 6,46 MPa.

4.4 Pemeriksaan Kuat Tarik Lentur

Hasil pemeriksaan nilai kuat tarik lentur pada umur 28 hari dengan menguji sampel balok dengan diameter 10 cm x 10 cm x 40 cm. Dibawah ini hasil tes kuat tarik lentur dapat dilihat pada gambar 4.4 sebagai berikut.

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Kuat Tarik Lentur

Persentase Fly Ash (%)	Kuat Tarik Lentur (detik)
0	5,15
1	5,26
2	5,58
3	6,46



Gambar 3. Grafik Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan

Dari Gambar 3, nilai kuat tarik lentur mengalami kenaikan dan nilai kuat tarik lentur terbesar terdapat pada presentase *fly ash* 3% dengan nilai 6,46 MPa.

4.5 Hubungan antara Kuat Tekan dan Kuat Traik Lentur

Dari hasil pengujian diketahui bahwa peningkatan rata-rata kuat tekan dan kuat tarik lentur beton, hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik lentur dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 8. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur

Presentase <i>Fly Ash</i> (%)	f_c	f_r	Perbandingan	
			$\sqrt{f_c}$	$f_r/\sqrt{f_c}$
0	30,80	5,15	5,55	0,93
1	44,36	5,26	6,66	0,79
2	52,40	5,38	7,24	0,74
3	58,10	6,46	7,62	0,85

Berdasarkan Tabel 8, nilai kuat tekan dan kuat tarik lentur terbesar terdapat pada persentase *fly ash* 3%. Nilai perbandingan kuat tekan ($\sqrt{f_c}$) terhadap kuat tarik lentur (f_r) yang didapat berkisar 0,74-0,93 dari kuat tekan beton.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan di Laboratorium Rekayasa Material dan Struktur Universitas Sam Ratulangi Manado, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada persentase *fly ash* 3% beton segar memenuhi syarat *self compacting concret*, dimana nilai *slump* optimum diperoleh.
2. Pada mix desain penelitian ini persentase *fly ash* yang digunakan jika melebihi 3% menghasilkan beton segar dengan kekecekan yang rendah sehingga beton segar menjadi kental. Dapat disimpulkan bahwa semakain tinggi persentase *fly ash* maka syarat *filling ability* dan *viskositas* pada *Self Compating Concrete* tidak dapat dipenuhi.
3. Nilai kuat tekan maksimum terbesar yang dihasilkan adalah pada variasi persentase 3% yaitu 58,10 Mpa dan nilai kuat tekan dalam variasi 0%, 1%, dan 2% masing-masing adalah 30,80 MPa; 44,36 MPa; 52 MPa.
4. Nilai kuat tarik lentur pada variasi persentase 0%, 1%, 2%, dan 3% berturut-turut adalah 5,15 MPa; 5,26 MPa; 5,38 MPa; 6,46 MPa.
5. Nilai perbandingan kuat tekan ($\sqrt{f_c}$) terhadap kuat tarik lentur (f_r) yang didapat berkisar 0,74-0,93 dari kuat tekan beton.

6. Saran

Dari hasil penelitian dan analisis data, maka saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada saat pengecoran beton *self compacting concret* lama putara molen ketika *superplasticizer* sudah ditambahkan pada adonan beton tidak bole lebih dari 3 menit.
2. Perlu dilakukan penelitian penggunaan *fly ash* sebagai *filler* dengan variasi yang lebih banyak untuk memperoleh nilai optimum yang lebih tepat.
3. Pengujian *slump flow test*, *v - funnel*, dan *l-shaped box* sebaiknya dilakukan secara bersamaan dalam waktu yang cepat.
4. Pada penelitian selanjutnya disarankan agar menambah persentase penggunaan *superplasticizer* sehingga persentase penggunaan *fly ash* juga dapat ditingkatkan.
5. Penyimpanan material sebaiknya disimpan pada tempat yang terhindar dari hujan dan suhu ruangan penyimpanan harus diperhatikan.

Referensi

- Abu, B. and Fly, T. (2023) 'Analisis Pengaruh Variasi Molaritas NaOH Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Pada Eksperimen Beton Geopolimer', 21(85).
 ASTM C618-12a (2012) 'Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan

- for Use in Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012, www.astm.org, *Annual Book of ASTM Standards*, pp. 1–5. doi: 10.1520/C0618.
- Korua, A. M. and Servie O. Dapas, B. D. H. (2019) 'Kinerja High Strength Self Compacting Concrete Dengan Penambahan Admixture "Beton Mix" Terhadap Kuat Tarik Belah', *Jurnal Sipil Statik*, 7(10), pp. 1353–1364.
- Miza, S. D. S., Wallah, S. E. and ... (2019) 'Perilaku Mekanis High Strength Self Compacting Concrete Dengan Penambahan Admixture "Beton Mix" Terhadap Kuat Tarik Lentur', *Jurnal Sipil*, 7(10), pp. 1353–1364. Available at: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/26062>.
- Okamura, H. and Ouchi, M. (2003) 'Sel-Compacting Concrete', *Journal of Advanced Concrete Technology*, 1(1), pp. 5–15.
- Subakti (2014) 'Perancangan Interior Pusat Edukasi Mitigasi Bencana di Yogyakarta', *Perancangan Interior Pusat Mitigasi di Jogja*, 27(1989), pp. 6–23.
- Sumajouw, M. D. J., Dapas, S. O. and Windah, R. S. (2014) 'PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI Servie O. Dapas', *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 4(4), pp. 215–218.
- Universitas Islam Riau. Lembaga Penelitian., A., Djauhari, Z. and Napitu, E. T. (2013) 'Teknobiologi : jurnal ilmiah sains terapan.', *Jurnal Teknobiologi*, 2(01). Available at: <https://ejournal.unri.ac.id/index.php/JTB/article/view/1401>.