

**PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
SEJUMLAH SEMEN DAN BAHAN TAMBAHAN TERHADAP KUAT
TEKAN PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)**

(Skripsi)

Oleh

**CORRY JAYAPUTRI SAHAST
NPM 1715011069**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEJUMLAH SEMEN DAN BAHAN TAMBAH TERHADAP KUAT TEKAN PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

Oleh:

CORRY JAYAPUTRI SAHA

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan suatu inovasi beton yang memiliki kemampuan untuk mengalir sendiri sehingga dapat mengisi rongga-rongga kosong pada tulangan dan bekisting tanpa menggunakan peralatan pemadatan untuk memperoleh pemadatan yang optimal. Pada penelitian ini, digunakan benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dimana sampel dicampur dengan *fly ash* tipe C sebagai bahan pengganti sejumlah semen dan bahan tambahan dengan variasi 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% dengan nilai faktor air semen (fas) sebesar 0,41. *Slump flow test* dilakukan untuk mengetahui *flowability* dan *workability* beton, sedangkan uji tekan beton dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang dilakukan pada umur 35 hari dan 56 hari. Akibat kenaikan variasi persentase *fly ash*, nilai *slump flow test* mengalami penurunan, sedangkan kuat tekan betonnya mengalami peningkatan. Namun, penggunaan *fly ash* optimal terjadi saat *fly ash* digunakan sebagai bahan pengganti beton pada variasi senilai 3% dengan kuat tekan beton sebesar 35,98 MPa (35 hari) dan 33,68 MPa (56 hari), nilai berat volume beton sebesar 2313,21 kg/m³ dan 2279,66 kg/m³, serta nilai *slump flow test* dan nilai T₅₀ telah memenuhi standar.

Kata kunci: *Self compacting concrete*, *fly ash*, faktor air semen, kuat tekan, berat volume beton.

ABSTRACT

THE EFFECT OF USING FLY ASH AS A CEMENT PARTIAL SUBSTITUTE MATERIAL AND ADDITIONAL SUBSTANCE FOR COMPRESSIVE STRENGTH ON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

By:

CORRY JAYAPUTRI SAHAST

Self Compacting Concrete (SCC) is an innovation of concrete which has an ability to flow on its own to fill the empty voids between reinforcement and formwork without support of compaction equipment to obtain its optimum compaction. In this research, concrete cylinder with dimension of 15 cm for diameter and 30 cm for height were used as a specimen and mixed with fly ash type C as cement partial substitute material and additional substance by variation of 0%, 3%, 6%, 9%, and 12% with water cement ratio of 0,41. Slump flow test was perform to identify concrete flowability and workability followed by concrete compression test to identify compressive strength which was conducted at the age of 35 days and 56 days. Due to the fact that percentage variation of fly ash increment, the value of slump flow test was experiencing degradation whereas the compressive strength was increased. Nonetheless, the optimum fly ash application appeared when fly ash was applied as a cement partial substitute at variation of 3%, which provide concrete compressive strength in the amount of 35.98 MPa (35 days) and 33.68 MPa (56 days), and the value of concrete density were 2313.21 kg/m³ and 2279.66 kg/m³, where the standard of slump flow test and T₅₀ values had accomplished.

Keywords : Self compacting concrete, fly ash, water cement rasio, compressive strength , concrete density.

**PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEJUMLAH
SEMEN DAN BAHAN TAMBAHAN TERHADAP KUAT TEKAN PADA *SELF
COMPACTING CONCRETE* (SCC)**

Oleh

CORRY JAYAPUTRI SAHAST

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi

**: PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH*
SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
SEJUMLAH SEMEN DAN BAHAN
TAMBAHAN TERHADAP KUAT TEKAN
PADA *SELF COMPACTING CONCRETE*
(SCC)**

Nama Mahasiswa

: Corry Jayaputri Sahast

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1715011069

Program Studi

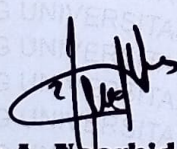
: Teknik Sipil

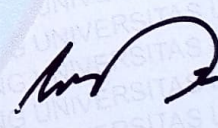
Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

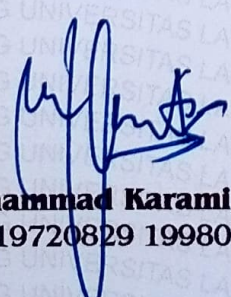
1. Komisi Pembimbing

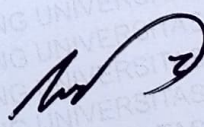

Vera A. Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19740831 200003 2 002


Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 19620408 198903 2 001

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil


Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19720829 199802 1 001

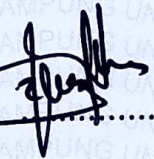

Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 19620408 198903 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

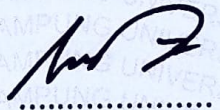
Ketua

: **Vera A. Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D.**



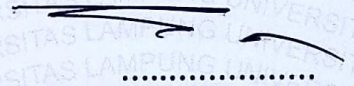
Sekretaris

: **Ir. Laksmi Irianti, M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Ir. Surya Sebayang, M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **18 April 2022**

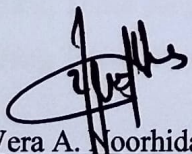
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi saya yang berjudul "*Pengaruh Penggunaan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Sejumlah Semen Dan Bahan Tambahan Terhadap Kuat Tekan Pada Self Compacting Concrete (SCC)*" adalah bagian dari penelitian Ibu Vera Agustriana Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D. mengenai pengaruh *fly ash* terhadap beton SCC.
2. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah berlaku di Universitas Lampung.

Bandar Lampung, Juni 2022

Mengetahui,
Dosen Pembimbing Skripsi


Vera A. Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197408312000032002



Corry Jayaputri Sahast
NPM. 1715011069

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kartaraharja, pada tanggal 05 Februari 1999, yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Sahri S.H dan Ibu Astrida S.pd. penulis memiliki dua saudara, yaitu yang bernama Coernia Sari Sahast dan Fauzan Syarif Sahast.

Penulis menempuh Pendidikan tingkat dasar di SDN 01 Dayasakti yang diselesaikan pada tahun 2011, lalu dilanjutkan pendidikan tingkat pertama di SMPN 02 Tumijajar yang diselesaikan pada tahun 2014, dan dilanjutkan ke Pendidikan SMAN 01 Tumijajar yang diselesaikan pada tahun 2017.

Penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur tes SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri) pada tahun 2017. Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif didalam organisasi Himpunan Mahasiswi Teknik Sipil Universitas Lampung (HIMATEKS UNILA) sebagai anggota departemen usaha dan karya priode tahun 2019 – 2020. Pada tahun 2020 penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Dayasakti, Kecamatan Tumijajar, Kabupaten Tulang Bawang Barat selama 40 hari pada priode II, Juli – Agustus 2020. Dalam mengaplikasikan ilmu di bidang Teknik Sipil, penulis juga telah melaksanakan kerja praktik di proyek Pembangunan Kantor Kecamatan Tanjung Karang Timur yang berlokasi di Jl. MJ. Sutioso No.26, Kota Baru, Kecamatan Tanjung Karang Timur, Kota Bandar Lampung, Lampung 35121 selama 3 bulan.

Selama masa perkuliahan, penulis pernah diangkat menjadi Asisten Dosen Matakuliah Teknologi Bahan untuk Jurusan Teknik Sipil di Universitas Lampung periode tahun ajaran 2021/2022. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengganti Sejumlah Semen dan Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan pada *Self Compacting concrete* (SCC)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahhirabbilalamin dengan ridho-Mu ya Allah Akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga terselesaikannya skripsi ini dapat menjadikanku insan yang berguna dan bermanfaat. Ku persembahkan skripsi ini untuk:

Kedua orngtuaku, Bapak Sahri S.H dan Ibu Astrida S.pd yang selalu mendoakan, memberi kasih sayang, dukungan, dan menjadi penyemangat suka dan duka semenjak kecil hingga aku dapat menyelesaikan perkuliahanku

Adek-Adekku tersayang, Coernia Sari Sahast dan Fuzan Syarif Sahast, yang selalu mendukungku dan memberikan semangat untuk ku hingga aku dapat menyelesaikan perkuliahanku

Seluruh dosen yang telah mengajarkan banyak hal. Terimakasih untuk ilmu, pengetahuan dan pelajaran hidup yang sudah diberikan.

Sahabat-sahabatku, Rekan Seperjuangan Teknik Sipil Angkatan 2017, yang selalu menemani dalam suka maupun duka, memberikan semangat, dan pengalaman-pengalaman berharga yang tidak dapat terlupakan selama perkuliahanku.

Almamaterku Universitas Lampung, Kampus yang selalu aku banggakan dengan penuh kenangan indah selama aku menjadi mahasiswi.

MOTTO

"Allah (Tuhan) tidak bermaksud menyulitkan kamu, tetapi Dia bermaksud untuk menyucikan kamu dan melengkapi nikmat-Nya sehingga kamu dapat bersyukur."

(QS. Al-Ma'idah: 6)

"Kerjakanlah urusan duniamu seakan-akan kamu hidup selamanya dan laksanakanlah urusan akhiratmu seakan-akan kamu akan mati besok."

(HR. Ibnu Asakir)

“"Iman tanpa ilmu bagaikan lentera di tangan bayi. Namun ilmu tanpa iman, bagaikan lentera di tangan pencuri."

(Buya Hamka)

"Sukses adalah jumlah dari upaya kecil, yang diulangi hari demi hari."

(Robert Collier)

"Ketika seseorang menghina kamu itu adalah sebuah pujian bahwa selama ini mereka menghabiskan banyak waktu untuk memikirkan kamu, bahkan ketika kamu tidak memikirkan mereka."

(B.J. Habibie)

SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sholawat serta salam selalu tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengganti Sejumlah Semen dan Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan pada *Self Compacting Concrete* (SCC)” Dalam memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih yang setulusnya kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembimbing II, atas arahan, bimbingan dan dukungan kepada penulis semasa perkuliahan.
3. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lampung.
4. Ibu Vera A. Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberi arahan, masukan, dan memeriksa skripsi ini.
5. Bapak Ir. Surya Sebayang, M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan, saran dan dukungan dalam pengerjaan skripsi.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi S1 Teknik Sipil atas semua bekal ilmu pengetahuan yang telah diajarkan atau diberikan.

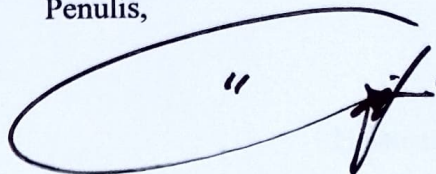
7. Seluruh teknisi dan kariyawan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung yang telah memberikan arahan, bantuan dan bimbingan selama penulis melakukan penelitian.
8. Kedua orangtuaku tercinta, Bapak Sahri S.H dan Ibu Astrida S.Pd, yang selalu menyebut namaku di dalam setiap doanya, pengertian dalam memberikan nasihat, dukungan, motivasi dan telah bekerja keras untuk membiayai perkuliahan di Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
9. Adik perempuan dan adik laki-lakiku tersayang, yang telah memberikan dukungan dan semangat dengan cara yang tidak pernah terpikirkan olehku.
10. Partner penelitianku, Netta Riana, Tri Ratna Utami, Sylvia Dwi Anggraini, Evanthe Calosa, Damas Novalda Kusuma, Theo Gideon Marpaung, Ilham Mangesti Aji, dan Muhammad Zaki Abiyu, yang selalu membantu dalam penelitianku, selalu ada disaat dibutuhkan, selalu memberi semangat satu sama lain, dan tidak pernah mengeluh ketika aku menyusahkan.
11. Teman-teman yang selalu membantuku dalam proses pengerjaan skripsi sekaligus teman terbaik yang pernah aku temukan dimasa-masa kuliah, Goldina Septania, Netta Riana, Diana Wiliani Y.K, Evanthe Calosa, Mildariezka Salsabila R, dan Millenia Yessy Desviolla, Terima kasih banyak untuk waktu dan perhatiannya selama ini.
12. Saudara-Saudaraku Teknk Sipil Universitas Lampung angkatan 2017 yang berjuang bersama, berbagi pengalaman dan telah membuat kesan yang tidak bisa terlupakan, terimakasih banyak atas kebersamaan kalian. Senang bisa berjumpa dengan kalian semua, semoga kita sukses.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu tanpa pamrih dalam mengerjakan skripsi ini, semoga kita semua dapat berhasil melewati rintangan yang ada untuk menggapai kesenangan dan keberhasilan yang kita impikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu penulis memohon maaf dan mengharapkan

kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca, Aamiin.

Bandar Lampung, '4 Juni 2022

Penulis,

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping loop followed by a series of smaller, more intricate strokes.

Corry Jayaputri Sahast
NPM.1715011069

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Umum	7
2.2. Material <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)	8
2.2.1 Agregat	9
2.2.2 Semen <i>Portland</i>	10
2.2.3 Air	11
2.2.4 <i>Admixture</i> (<i>Superplasticizer</i>)	11
2.2.4 <i>Fly Ash</i>	14
2.3. Faktor Air Semen (fas)	18
2.4. Dasar Mix Design	18
2.5. Pengujian Pada Beton SCC	19
2.5.1 Pengujian pada beton segar	20
2.5.1.1 Uji <i>Slump Flow Test</i>	19
2.5.1.2 Uji L-box.....	20
2.5.1.3 Uji <i>V-Funnel Test</i>	21
2.5.2 Pengujian kuat tekan beton.....	22
III. METODE PENELITIAN	23
3.1. Lokasi Penelitian	23
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	23
3.3. Persiapan Alat dan Bahan.....	25
3.3.1 Alat	25
3.3.1.1 Oven.....	25

3.3.1.2 Satu set saringan	25
3.3.1.3 Timbangan	25
3.3.1.4 <i>Piknometer</i>	25
3.3.1.5 Gelas ukur 100 cc.....	25
3.3.1.6 Cetakan kerucut pasir.....	25
3.3.1.7 Bajana silinder	25
3.3.1.8 <i>Concrete mixer</i>	26
3.3.1.9 Satu set alat <i>slump flow test</i>	26
3.3.1.10 Meteran	26
3.3.1.11 Cetakan benda uji.....	26
3.3.1.12 Bak perendam	26
3.3.1.13 <i>Compression testing machine (CTM)</i>	26
3.3.1.14 Alat bantu.....	27
3.3.2 Bahan	27
3.3.2.1 Semen portland	27
3.3.2.2 Air	27
3.3.2.3 Agregat halus	27
3.3.2.4 Agregat kasar	27
3.3.2.5 <i>Superplasticizer</i>	27
3.3.2.6 <i>Fly ash</i>	28
34. Pemeriksaan material.....	28
35. Perencanaan Campuran SCC (<i>Mix Design SCC</i>).....	29
36. Pembuatan Benda Uji	30
37. Pengujian <i>Workability</i> Beton Segar.....	31
38. Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>)	32
39. Pengujian Benda Uji.....	33
3.3.2 Uji kuat tekan.....	33
3.10. Perhitungan dan Analisis Data	34
IV. TINJAUAN PUSTAKA.....	35
4.1. Umum.....	35
4.2. Hasil Pengujian Kelecatan (<i>Workability</i>)	35
4.3. Berat Volume Beton.....	40
4.4. Hasil Pengujian Kuat Tekan	43
V. TINJAUAN PUSTAKA.....	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran.....	52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (Pengujian Bahan)

LAMPIRAN B (Mix Design)

LAMPIRAN C (Hasil Perhitungan)

LAMPIRAN D (Foto Penelitian)

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu Mengenai Kuat Tekan Beton dengan Penambahan <i>Superplasticizer</i>	13
2. Hasil Penelitian Terdahulu Mengenai Penggunaan <i>Fly Ash</i>	16
3. Hasil Pemeriksaan Material Agregat Hasil dan Kasar	29
4. Kebutuhan Material Total <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC) Per m ³	29
5. Jumlah Benda Uji	31
6. Hasil Pengujian Nilai <i>Slump Flow Test</i> setiap Variasi <i>Fly Ash</i> Tipe C.....	36
7. Hasil Pengujian Berat Volume Beton dengan <i>Fly Ash</i> untuk Benda Uji Silinder	41
8. Hasil Kuat Tekan Beton SCC dengan <i>Fly Ash</i> sebagai Bahan Tambah pada Umur 35 hari dan 56 hari	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Perbandingan Proposal Campuran antara <i>Self Compacting Concrete</i> dan Beton Konvensional.....	8
2. Bahan Campuran <i>Self Compacting Concrete</i>	18
3. <i>Slump Cone</i>	20
4. Alat L-box	21
5. Alat <i>V-funnel</i>	22
6. Diagram Alir dari Pelaksanaan Penelitian.	24
7. <i>Fly ash</i>	28
8. (a) Pengadukan Material (b) Pencampuran <i>Fly Ash</i>	30
9. Pengujian <i>Slump Flow Test</i>	32
10. Pengukuran Diameter <i>Slump Flow</i>	32
11. Proses Perendaman Benda Uji.	33
12. Grafik Hubungan antara Persentase <i>Fly Ash</i> Tipe C dengan Nilai <i>Slump Flow</i>	37
13. Pengukuran <i>Slump Flow Self Compacting Concrete</i> (SCC) <i>fly ash</i> 0% (a) dengan <i>fly ash</i> Sebagai Pengganti (b).	38
14. Pengukuran <i>Slump Flow Self Compacting Concrete</i> (SCC) <i>fly ash</i> 0% (a) dengan <i>fly ash</i> Sebagai Penambah (b).	38
15. Grafik Hubungan Persen <i>Fly Ash</i> dengan Nilai T_{50}	39
16. Grafik Hubungan antara Persentase <i>Fly Ash</i> dengan Berat Volume Beton.	41
17. Menimbang Benda Uji Silinder	42
18. Grafik Hubungan Kuat Tekan antara Persentase <i>Fly Ash</i> sebagai Bahan Pengganti dan Bahan Penambah pada Umur 35 hari dan 56 hari.....	45
19. Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dengan <i>Fly Ash</i> sebagai Bahan	

Pengganti dengan Umur Beton	45
20. Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dengan <i>Fly Ash</i> sebagai Bahan Penambah dengan Umur Beton	46
21. (a) Pengujian Kuat Tekan dan (b) Beton SCC Tanpa <i>Fly Ash</i> setelah di Uji Kuat Tekan	48
22. Benda Uji Silinder 35 Hari (a) Pengganti <i>Fly Ash</i> (b) Penambahan <i>Fly Ash</i> setelah di Uji Kuat Tekan	49
23. Benda Uji Silinder 35 Hari (a) Pengganti Fly Ash (b) Penambahan Fly Ash setelah di Uji Kuat Tekan	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di dalam dunia konstruksi, beton merupakan material yang paling sering digunakan. Dikarenakan beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan kebutuhan, dan merupakan material yang lebih murah dibandingkan dengan material yang lain. Beton ialah material yang terbuat dari campuran semen, agregat kasar, agregat halus, pasir, air dan bahan tambahan (*admixture*) jika diperlukan. Beton digunakan dalam pembuatan struktur bangunan, jalan, fondasi, jembatan penyebrangan, struktur parkir, perkerasan jalan, dasar untuk pagar atau gerbang, dan semen dalam tembok balok atau bata.

Dalam pengecoran beton, dilakukan pemadatan menggunakan alat *vibrator*. *Vibrator* berguna untuk memadatkan beton dan mengeluarkan rongga udara. Namun, alat *vibrator* sering tidak dapat menjangkau celah-celah sempit sehingga beton memiliki rongga-rongga udara yang mengakibatkan kekuatan beton menjadi rendah. Dikarenakan kebutuhan dan perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi, maka diciptakan beton yang tidak perlu menggunakan pemadatan yaitu *Self Compacting Concrete* (SCC).

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan jenis beton yang mampu mengalir dan menjadi padat dengan memanfaatkan berat sendiri, yang tidak memerlukan proses pemadatan dengan alat *vibrator*. Beton segar pada *Self Compacting concrete* bersifat kohesif dan tidak mengalami segregasi dan *bleeding* pada proses pengerjaannya. Agar mampu mengalir dan memadat sendiri *Self Compacting Concrete* harus mempunyai tingkat *flowability* dan *passing ability* yang tinggi, tetapi harus memiliki ketahanan terhadap segregasi (Riztria dan

Kusumah, 2015). Campuran beton segar dapat dikatakan sebagai beton SCC apabila memenuhi kriteria antara lain *filling ability*, *passing ability*, dan *segregation resistance* (EFNARC, 2005)

Rusyandi dkk (2012), melakukan penelitian tentang perancangan beton *Self Compacting Concrete* (beton memadat sendiri) dengan penambahan *fly ash* dan *Structuro*. Pada penelitian ini menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengganti dari sebagian semen, *fly ash* digunakan sebesar 8%. Selain menggunakan *fly ash* pada penelitian ini menggunakan *superplasticizer* “*Structuro*” sebesar 0,3% dengan mengurangi kadar air dan menggunakan perencanaan umur beton 3 dan 7 hari. Dari penelitian ini didapat bahwa kuat tekan optimum terjadi pada saat beton berumur 7 hari dengan nilai kuat tekan sebesar 21,52 MPa.

Patrisia (2014), melakukan penelitian tentang *Self Compacting Concrete* dengan memanfaatkan *fly ash* dan abu batu sebagai material pengisi (filler). Penelitian menggunakan 20% abu batu dan variasi *fly ash* sebesar 0%, 10%, 20%, dan 30% yang merupakan pengganti dari berat semen. Dalam pengujian *slump flow* menghasilkan *flowability* beton SCC dengan variasi 0% sampai 30% semakin meningkat, nilai pengujian viskositas atau pengujian untuk mengetahui kekentalan beton segar (T_{500}) berturut-turut 5,2 detik, 4,3 detik, 3,6 detik, dan 3,2 detik yang menunjukkan bahwa nilai viskositas semakin tinggi, hal ini ditunjukkan dengan nilai T_{500} yang semakin kecil, pengujian *passing ability* bernilai 0,915, 0,923, 0,938 dan 0,945 yang menunjukkan bahwa semakin baiknya beton dalam mengalir dan menunjukkan bahwa campuran ini memenuhi syarat beton SCC, di dapat hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari sebesar 18,1 MPa, 20,9 MPa, 24,3 MPa, dan 26,8 MPa dan pada umur 28 hari ialah 27,8 MPa, 30,9 MPa, 35,4 MPa, dan 38,5 MPa, hal ini menunjukkan bahwa persentase *fly ash* 30% merupakan persentase yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi dari umur beton 7 dan 28 hari. Dibandingkan umur beton pada 7 hari, umur beton pada 28 hari menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dari persentase 0% sampai 30%.

Sebayang (2010), melakukan penelitian tentang pengaruh kadar abu terbang sebagai pengganti sejumlah semen pada beton alir mutu tinggi. Penelitian ini

menggunakan abu terbang sebagai pengganti dari semen, dalam merencanakan menggunakan metode ACI 211-412-1993 yang digabung dengan metode Hashimoto. Pada penelitian ini menggunakan variasi abu terbang 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15% dan penelitian ini menggunakan umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari dan 56 hari. Pengujian dilakukan pada kelecakan, waktu pengikatan, berat volume dan kuat tekan beton. Didapat bahwa semakin banyak penambahan abu terbang maka akan semakin tinggi kelecakan adukan beton, waktu pengikatan awal atau akhir semakin lambat, dan berat volume beton semakin kecil. Sedangkan kuat tekan optimum didapat sebesar 48,607 MPa yang terjadi pada umur beton 56 hari dan kadar abu terbang sebesar 9%.

Destyanto dkk (2018), melakukan penelitian tentang pengaruh *fly ash* sebagai material pengganti semen pada campuran *Self Compacting Concrete* (SCC) terhadap kuat tekan dan porositas beton. Pada penelitian ini menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengganti dari sejumlah semen, variasi *fly ash* yang digunakan sebesar 0%, 10%, 20%, dan 30% dengan tambahan zat *additive* yaitu *Viscocrete* 1993 sebesar 0,6%-1,2%. Dari pengujian *Slump Flow Test*, *Slump Test*, *J-Ring Test*, *L-Box Test* dan *V-Vunnel Test* jika di hubungkan dengan *workability* dapat disimpulkan bahwa semakin besarnya kadar *fly ash* yang digunakan maka nilai *flowability* semakin meningkat, sedangkan pada variasi *fly ash* sebesar 30% terjadi sedikit pemisahan antara air dengan material penyusun beton hal ini mengindikasikan terjadinya *bleeding* dikarenakan semakin meningkatnya kadar *fly ash* menyebabkan viskositas beton semakin menurun. Tetapi hal ini dapat ditangani dengan mengurangi nilai faktor air semen (fas) pada campuran beton sehingga dapat meningkatkan viskositas campuran beton. Pada pengujian kuat tekan dapat disimpulkan bahwa pada beton SCC umur 28 hari memiliki kuat tekan optimum pada kadar *fly ash* sebesar 20% yaitu 36,4 MPa dan hasil pengujian porositas beton mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar *fly ash* tetapi pada kadar *fly ash* sebesar 30% nilai porositas mengalami kenaikan dikarenakan pada beton dengan kadar *fly ash* sebesar 30% mengalami segregasi.

Dalam penelitian beton SCC kadar dari *fly ash* sangat mempengaruhi *flowability* dan *workability* beton segar, semakin banyak kadar *fly ash* yang digunakan maka *flowability* (kemampuan beton dalam mengalir) semakin meningkat dan nilai *workability*nya semakin besar.

Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa campuran *fly ash* dengan beton SCC dapat meningkatkan kuat tekan. Dan pada beberapa penelitian diatas *fly ash* hanya digunakan sebagai bahan pengganti dari berat semen, belum ada penelitian yang menggunakan *fly ash* sebagai bahan tambahan. Maka dalam penelitian ini melakukan perbandingan antara pengaruh kuat tekan *fly ash* yang digunakan sebagai bahan pengganti semen dengan *fly ash* yang digunakan sebagai bahan penambah semen pada *Self Compacting Concrete* (SCC). Variasi *fly ash* yang digunakan adalah 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% yang diambil dari berat semen dengan waktu pengujian beton berumur 28 hari dan 56 hari.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan pada *Self Compacting Concrete*?
2. Bagaimana pengaruh *fly ash* sebagai bahan tambahan terhadap kuat tekan pada *Self Compacting Concrete*?
3. Bagaimana perbandingan kuat tekan beton dengan *fly ash* sebagai bahan pengganti dan bahan tambahan pada *Self Compacting Concrete*?

1.3 Tujuan Masalah

Tujuan Penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan pada *Self Compacting Concrete*.

2. Untuk mengetahui pengaruh *fly ash* sebagai bahan tambahan terhadap kuat tekan pada *Self Compacting Concrete*.
3. Untuk mengetahui perkembangan kuat tekan beton dengan campuran *fly ash* setelah beton berumur 28 hari.
4. Untuk membandingkan pengaruh *fly ash* sebagai bahan pengganti dan bahan tambahan terhadap kuat tekan *Self Compacting Concrete*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Material beton SCC yang digunakan adalah agregat kasar yaitu batu pecah dengan ukuran gradasi 1 - 2, agregat halus, semen pcc , dan air.
2. *Superplasticizer* yang digunakan merupakan jenis *high range water reducer* M 261 tipe F dengan penggunaan 1,75% dari berat semen.
3. Perhitungan *Mix Design* menggunakan Metode *British* modifikasi.
4. Tipe *fly ash* yang digunakan adalah Tipe C yang diperoleh dari PT PLN (persero) sektor pembangkitan sebalang lolos saringan No. 30.
5. *Fly ash* menggunakan variasi 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12%.
6. Faktor air semen yang digunakan adalah 0,41.
7. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian Kuat Tekan *Self Compacting Concrete* pada umur 35 hari hal ini dikarenakan terjadi kerusakan alat CTM saat ingin menguji beton pada umur 28 Hari dan 56 hari.
8. Pada penelitian ini membuat 54 benda uji, 6 benda uji dengan bentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan *fly ash* sebesar 0%, 24 benda uji dengan bentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan *fly ash* sebagai penambah, dan 24 benda uji silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan *fly ash* sebagai pengganti.
9. Pengujian beton dilaksanakan berdasarkan standar SNI dan dalam melakukan pengujian material sesuai dengan acuan ASTM.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat pada penelitian ini adalah:

1. Diharapkan dapat menambah wawasan tentang pemanfaatan *fly ash* pada campuran *Self Compacting Concrete*.
2. Mengetahui pengaruh *fly ash* pada *Self Compacting Concrete* sebagai bahan pengganti dan bahan tambahan terhadap kuat tekan beton.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Self Compacting Concrete (SCC) dikembangkan pada tahun 1986 di Jepang. Beton SCC dikembangkan karena kebutuhan dari beton yang memiliki durabilitas tinggi. Durabilitas berkaitan dalam proses pengerjaan beton, pada saat beton mengalami kurangnya pemadatan maka akan terjadi keropos di tempat yang kurang dipadatkan dan pada akhirnya mengakibatkan beton tidak tahan lama (Patrisia, 2014). *Self Compacting Concrete* (SCC) merupakan suatu inovasi dari beton yang saat pembuatannya tidak memerlukan alat pemadatan (vibrator), dikarenakan memiliki kemampuan untuk mengalir sendiri mengisi celah-celah sempit yang terdapat pada bekisting dan tulangan yang padat sehingga dapat mencapai pemadatan yang optimal dengan sendirinya (EFNARC, 2005). Campuran sebuah beton dapat dikatakan beton SCC apabila memiliki 3 (tiga) sifat yaitu dapat mengisi celah-celah yang ada diantara tulangan (*filling ability*), mampu lolos dari penulangan yang rumit dengan beratnya sendiri (*passing ability*), dan memiliki ketahanan terhadap pemisahan butiran (*segregation*) (Amalia & Riyadi, 2019).

Pada *Self Compacting Concrete* (SCC) dilakukan pengujian terhadap beton segar dan beton keras. Pengujian beton keras pada beton SCC sama seperti dengan beton normal sedangkan pada beton segar pengujian memiliki beberapa jenis dikarenakan pada beton SCC memiliki *workability* dan *flowability* yang tinggi, sehingga pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat *workability* dan *flowability*. Pengujian beton segar pada beton SCC yaitu dengan *Slump Cone* dilakukan untuk mengetahui kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan (*flowability*) dan kekentalan beton segar (*Viscosity*), pengujian dengan

L-Shape Box Test dilakukan untuk mengetahui kemampuan campuran beton melewati struktur tulangan yang rapat (*Passing Ability*) dan dilakukan pengujian *Segregation Resistance* (Patrisia 2014).

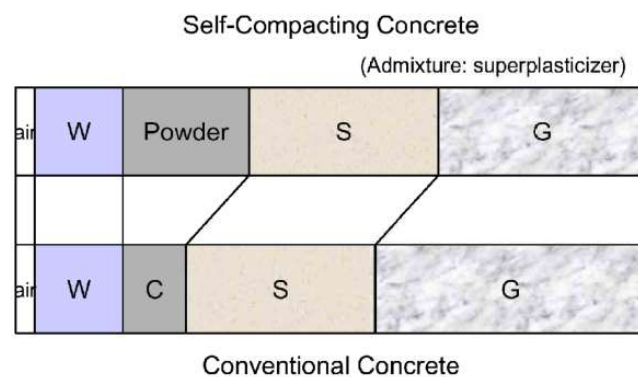
Kelebihan dari *Self compacting concrete* (SCC) ialah:

- Mampu memadat sendiri.
- Lebih homogen.
- Mudah mengisi celah-celah sempit.
- Permukaan yang dihasilkan lebih halus.
- Ramah lingkungan.
- Cepat dalam pengerjaan dan lebih awet.

(Nurjamilah & Sihotang, 2018).

2.2 Material *Self Compacting Concrete* (SCC)

Dalam mencapai pemadatan tidak hanya melibatkan deformabilitas pasta tetapi ketahanan terhadap pemisahan agregat kasar (segregasi) pada saat beton mengalir melalui zona terbatas dari tulangan. Perbandingan proporsi campuran (material) antara beton konvensional dengan *Self Compacting Concrete* (SCC) dapat dilihat pada penelitian Okamura dan Ouci (2003).



Gambar 1. Perbandingan proporsi campuran antara *Self Compacting Concrete* dan beton konvensional (Okamura dan Ouci 2003).

Dari Gambar 1. Dapat dilihat bahwa komposisi campuran beton konvensional dan *Self Compacting Concrete* yang dibutuhkan berbeda. Hal ini dilihat dari banyaknya komposisi *powder* yang dibutuhkan, komposisi *powder* yang dibutuhkan pada *Self Compacting Concrete* lebih banyak dibandingkan dengan komposisi semen pada beton konvensional. *Powder* yang digunakan pada *Self Compacting Concrete* dapat berupa semen atau binder (bahan pengikat pada campuran beton yang terdiri dari semen dan bahan pengisi). Sedangkan komposisi kerikil *Self Compacting Concrete* lebih sedikit dibandingkan pada beton konvensional.

2.2.1 Agregat

Agregat adalah bahan berbutir seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (*blast-furnace slag*) yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis (SNI 2847:2019). Proporsi agregat kasar dan halus harus diperhatikan karena jika agregat kasar yang digunakan terlalu banyak akan menyebabkan perbesaran resiko segregasi pada beton, yang dimana jika terjadi segregasi dapat mengakibatkan penurunan kekuatan beton. Sebaliknya jika agregat halus terlalu banyak maka dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kuat tekan beton. Pada beton normal komposisi agregat kasar mencapai 70-75% dari volume padat sedangkan pada *Self Compacting Concrete* digunakan kurang lebih 50% dari berat volume padat.

a. Agregat kasar

Menurut SNI 1970:2008 Agregat kasar atau kerikil merupakan hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang didapat dari industri pemecah batu yang memiliki ukuran 4,76-40 mm. Sedangkan menurut EFNARC 2005 ukuran maksimum agregat kasar untuk beton SCC adalah 12-20 mm. Jumlah dari agregat dan distribusi ukuran bisa mempengaruhi *workability* dan kelecakan beton serta bentuk dari agregat berhubungan langsung dengan *flowability* dan *passing ability*. Bentuk agregat semakin bulat

menyebabkan agregat cenderung menimbulkan *blocking* dan aliran semakin besar karena mengurangi gesekan internal.

b. Agregat halus

Menurut SNI 1970:2008, agregat halus ialah pasir alam hasil dari disintegrasi alami dari batuan atau batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu yang memiliki ukuran sebesar 4,75 mm. Sedangkan menurut EFNARC 2002 pasir yang digunakan pada beton normal dapat digunakan pada beton SCC. Pasir yang dapat digunakan harus terbebas dari bahan organik, lumpur dan kotoran (sampah) tetapi jika pasir mengandung silika atau kapur pasir tetap dapat digunakan.

2.2.2 Semen *Portland*

Semen *Portland* adalah semen yang paling banyak digunakan diseluruh dunia untuk bahan dasar pembuatan beton, plester, mortar, dan adukan non-spesialisasi (Wikipedia.org). Sedangkan menurut SNI 15-2049-2004 semen *Portland* adalah semen hidrolis yang diperoleh dengan cara menggiling terak semen bersamaan dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan bisa ditambah dengan bahan tambahan lainnya. Dengan tujuan pemakaiannya semen *Portland* dibagi menjadi 5 jenis:

1. Tipe I

Merupakan jenis semen *portland* yang digunakan secara umum tanpa ada persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lainnya.

2. Tipe II

Semen *portland* tipe II dalam penggunaannya membutuhkan ketahanan atas panas hidrasi sedang dan senyawa sulfat.

3. Tipe III

Semen *portland* tipe III memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam penggunaannya.

4. Tipe IV

Dalam penggunaannya semen *portland* tipe IV memerlukan panas hidrasi yang lebih rendah.

5. Tipe V

Dalam penggunaan semen tipe *portland* V memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

Untuk membuat campuran beton SCC dapat menggunakan semua jenis semen sesuai standar EN 971 (EFNARC, 2002).

2.2.3 Air

Air adalah salah satu bahan penyusun beton yang akan bereaksi dengan semen. Air yang akan digunakan pada pembuatan beton adalah air yang tidak mengandung banyak minyak, asam, alkali, garam-garam atau bahan organik karena dapat mengurangi kekuatan beton. Air yang berasal dari air laut dapat digunakan untuk campuran beton, akan tetapi pada kekuatan beton biasanya hanya mencapai 80%-90% jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan air tawar.

2.2.4 *Admixture (Superplasticizer)*

Admixture (bahan tambahan) dapat diartikan sebagai bahan material selain air, semen dan agregat yang dapat digunakan dalam mortar ataupun beton, ditambahkan dalam campuran pada saat atau selama pengadukan (ACI 116R-2000). *Admixture* memiliki sifat mengurangi air dan dapat menghasilkan tingkat *Fluiditas* yang tinggi dengan mempertahankan viskositas dan *homogenitas* (Kartini, 2009).

Superplasticizer yang ditambahkan kedalam campuran beton relatif kecil dibandingkan dengan bahan utama, maka harus dilakukan kontrol yang lebih besar dari pada pengerjaan beton biasa. Hal ini dilakukan untuk menjamin agar tidak terjadi kelebihan dalam menggunakan *Superplasticizer*. Jika terjadi kelebihan dalam menggunakan

Superplasticizer dapat mengakibatkan menurunnya kinerja beton dan dapat menimbulkan kerusakan pada beton.

Pada pembuatan beton SCC menggunakan *Superplasticizer* pada beton segar yang memanfaatkan kemampuannya dalam:

1. Meningkatkan *slump* dan *workability*.
2. Mengurangi pemakaian air.
3. Mengurangi pemakaian semen.

Menurut ASTM C494-82 Admixture dibagi menjadi 7 jenis yaitu:

1. Tipe A : *Water Reducer* (WR) atau *plasticizer*

Merupakan bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang akan digunakan. Dapat memperoleh adukan dengan faktor air lebih rendah dengan nilai kekentalan adukan yang sama, atau adukan lebih encer pada faktor air semen yg sama.

2. Tipe B : *Retarder*

Memperlambat proses pengikatan beton. Bahan ini diperlukan apabila dibutuhkan waktu lama antara pengadukan atau pencampuran beton dengan penuangan adukan. Atau dimana tempat antara pengadukan beton dengan tempat penuangan adukan cukup jauh.

3. Tipe C : *Accelerator*

Digunakan untuk mempercepat pengerasan dan pengikatan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah air. Atau pada struktur beton yang memerlukan pengerasan segera.

4. Tipe D : *Water Reducer Retrader* (WRR)

Bahan yang memiliki fungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses pengikatan.

5. Tipe E : *Water Reducer Accelerator* (WRA)

Bahan tambahan yang memiliki fungsi ganda yaitu mengurangi air dan mempercepat proses pengikatan.

6. Tipe F : *High Range Water Reducer (HRWR)*

Bahan yang berfungsi mengurangi air sampai dengan 12% atau bahkan lebih.

7. Tipe G : *High Range Water Reducer Retarder (HRWR)*

Bahan tambahan yang memiliki fungsi untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Tujuan digunakannya *Superplasticizer* adalah:

1. Mencapai keadaan pengecoran yang sulit melakukan pemadatan dengan *vibrator* dikarenakan dapat menghasilkan beton segar mengalir dengan lebih baik.
2. Menghasilkan beton mutu tinggi dengan cara mengurangi jumlah air sehingga faktor air semen (fas) dapat diminimalkan sekecil mungkin, sehingga air yang digunakan hanya untuk reaksi hidrasi semen.
3. Menghasilkan beton dengan permeabilitas yang lebih rendah (lebih kedap air) dengan cara mengurangi jumlah air dan kemampuan menyebarkan partikel semen dalam adukan beton segar, yang menghasilkan kepadatan beton yang lebih baik sehingga lebih kedap air.
4. Menghasilkan beton dengan mutu yang setara dengan faktor air semen (fas) yang lebih kecil sehingga mengakibatkan pemakaian semen yang lebih sedikit. Tetapi pemakaian untuk tujuan ini jarang digunakan dikarenakan kebutuhan jumlah minimum dari semen yang disyaratkan untuk beton tertentu harus terpenuhi.

Hasil dari penelitian terdahulu tentang pengujian kuat tekan beton menggunakan *superplasticizer* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu Mengenai Kuat Tekan Beton dengan Penambahan *Superplasticizer*

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Variasi SP(%)	Hasil Penelitian Kuat Tekan	Satuan
1.	Citrakus	2012	Kuat tekan <i>self</i>	0%	427,29	Kg/cm ³

			<i>Compacting</i>	1,2%	737,21	
			<i>Concrete</i>	1,3%	691,14	
			dengan Kadar	1,4%	770,72	
			<i>Superplastisizer</i>	1,5%	1024,14	
			yang Bervariasi	1,6%	586,42	
2.	Aer dkk	2014	Pengaruh	0%	12,40	MPa
			Variasi Kadar	0,2%	12,50	
			<i>Superplastisizer</i>	0,5%	14,28	
			Terhadap Nilai	1%	11,97	
			<i>Slump</i> Beton	1,5%	14	
			<i>Geopolymer</i>	2%	12,16	

2.2.5 Fly ash

Fly ash adalah bahan yang berasal dari sisa pembakaran batu bara yang berasal dari tungku pembangkit tenaga uap yang dibawa gas buangan cerobong asap yang kemudian tertangkap sebelum terbawa keluar cerobong (PUPR Pd 14-2018-B).

Fly ash di bedakan menjadi 3 jenis (SNI 2460:2014) yaitu:

1. Kelas C

Kelas C merupakan *fly ash* atau abu terbang yang berasal dari batu bara yang memiliki kandungan kimia sebagai berikut $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ minimal 50 %, SO_3 maksimal 5%, kadar air maksimal 3%, hilang pijar maksimal 6%.

2. Kelas F

Kelas F merupakan *Fly ash* atau abu terbang yang memiliki sifat pozolanik, yang berasal dari batu bara dan memiliki kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ minimal 70 %, SO_3 maksimal 5%, kadar air maksimal 3%, hilang pijar maksimal 6%.

3. Kelas N

Pozzolan alam mentah atau telah dikalsinasi memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas N, misalkan beberapa tanah hasil lapukan, batu rijang opalan dan serpih, *tufa* dan abu vulkanik atau batu apung. Persyaratan kandungan kimia *fly ash* kelas N adalah $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 +$

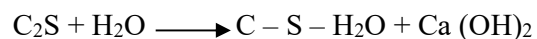
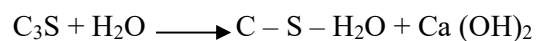
Fe_2O_3 minimal 70 %, SO_3 maksimal 4%, kadar air maksimal 3%, hilang pijar maksimal 10

Fly ash atau abu terbang kelas F dihasilkan dari pembakaran *antrasit* atau batu bara *bituminous*, akan tetapi dapat juga dihasilkan dari batu bara *subbituminous* dan *lignite*. Sedangkan *fly ash* atau abu terbang kelas C dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau batu bara *subbituminous*, dan dapat juga dihasilkan dari *antrasit* dan *bituminous*. *Fly ash* atau abu terbang kelas C mengandung kadar kalsium oksida (CaO) lebih dari 10% (SNI 2460:2014). Umumnya *fly ash* mempunyai kadar senyawa kimiawi adalah $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$. Ketika *fly ash* bereaksi dengan beton, dapat diuraikan sebagai berikut:

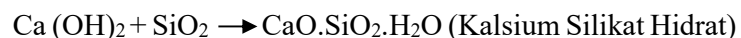
1. Mereduksi kandungan kalsium hidroksida yang terdapat dalam beton

Kalsium hidroksida merupakan unsur yang memiliki sifat alkali dan mampu menyebabkan diserang oleh garam sulfat. Kalsium hidroksida terbentuk dari hasil proses hidrasi semen dengan air.

Yang memiliki reaksi sebagai berikut



Akibat senyawa SiO_2 yang dimiliki oleh *fly ash*, kalsium hidroksida dapat diubah menjadi kalsium silikat hidrat yang merupakan sumber dari kekuatan beton. yang memiliki reaksi sebagai berikut:



2. Digunakan sebagai bahan pengisi dalam beton

Kandungan Kalsium Silikat Hidrat mampu mengurangi porositas yang terdapat dalam beton dan mengisi pori-pori beton, sehingga mendapatkan beton yang kuat. Reduksi kalsium hidroksida yang dilakukan oleh Silikat (SiO_2) mampu mengurangi agresivitas sulfat terhadap beton, sehingga mengakibatkan beton tidak

mudah rusak (Faizal 2020). Hasil penelitian terdahulu mengenai penggunaan *fly ash* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Penelitian Terdahulu Mengenai Penggunaan *Fly Ash*

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Fas	Hari	Variasi <i>Fly Ash</i>	Hasil Penelitian (MPa)	Kesimpulan
1.	Kartini	2012	Pengaruh penambahan <i>fly ash</i> pada <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC) terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas	0,41	7	0%	530,77	Kuat tekan optimum terjadi pada kadar <i>fly ash</i> sebesar 10% dengan umur beton Sebesar 56 hari
						10%	501,05	
						20%	403,39	
						30%	382,16	
						40%	292,99	
					28	0%	679,39	
						10%	755,81	
						20%	585,96	
						30%	543,51	
						40%	16,13	
2	Sebayang	2010	Penelitian tentang Pengaruh kadar abu terbang sebagai pengganti sejumlah semen pada beton alir mutu tinggi	-	7	0%	32,710	Kuat tekan optimum terjadi pada kadar <i>fly ash</i> sebesar 9% dengan umur beton sebesar 56 hari
						3%	28,125	
						6%	31,335	
						9%	32,099	
						12%	31,335	
						15%	25,221	
						0%	41,117	
					14	3%	30,570	
						6%	37,296	
						9%	38,672	
						12%	33,322	
						15%	32,099	
					28	0%	43,257	
						3%	38,060	

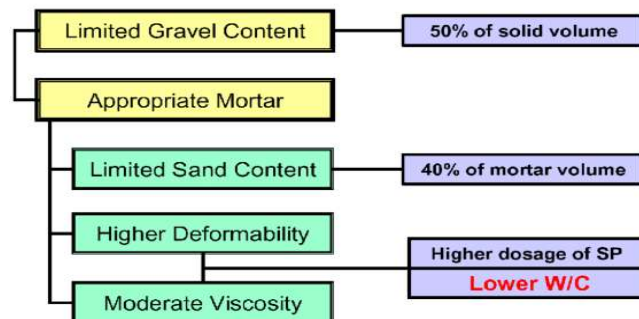
						6%	41,117	
						9%	41,882	
						12%	41,117	
						15%	38,519	
						0%	45,257	
						3%	39,589	
				56		6%	46,620	
						9%	48,607	
						12%	47,690	
						15%	43,716	
3.	Rusyandi dkk	2012	Perencanaan beton <i>self compacting concrete</i> (beton memadat sendiri) dengan penambahan <i>fly ash</i> dan <i>structuro</i>	-	3	8%	6,12	Kuat tekan optimum terjadi pada kadar <i>fly ash</i> dengan umur beton sebesar 7 hari
					7	8%	21,52	
4.	Patrisia	2014	<i>Self compacting Concrete</i> dengan memanfaatkan <i>fly ash</i> dan abu batu sebagai material pengisi (filler)	-	7	0%	18,1	Kuat tekan optimum Terjadi pada kadar <i>Fly ash</i> ebesar 30% Dengan umur beton Sebesar 28 hari
						10%	20,9	
						20%	24,3	
						30%	26,8	
				14		0%	27,8	
						10%	30,9	
						20%	35,4	
						30%	38,5	
5.	destyanti Wardhono	2018	Pengaruh <i>fly ash</i> sebagai material pengganti semen pada campuran <i>self compacting concrete</i> (SCC) terhadap Kuat tekan dan Porositas beton	-	28	0%	34,14	Kuat tekan optimum Terjadi pada kadar <i>Fly ash</i> ebesar 20% Dengan umur beton Sebesar 28 hari
						10%	35,09	
						20%	36,41	
						30%	33,20	

2.3 Faktor Air Semen (fas)

Faktor air semen (fas) merupakan perbandingan dari air dan semen *portland* didalam adukan beton. Pada beton SCC faktor air semen yang digunakan ialah kurang dari 0,4 (Reiner and Rens, 2006). Nilai dari faktor air semen (fas) mempengaruhi porositas beton, maka semakin kecil nilai faktor air semen (fas) tingkat porositas cenderung semakin kecil, hal ini akan mempengaruhi kuat tekan beton. Sedangkan menurut Sentosa, 2010 faktor air semen (fas) mempunyai hubungan yang berbanding terbalik dengan nilai kuat tekan beton, yaitu semakin tinggi. Namun pada realitanya saat penggunaan fas kurang dari 0,35 membuat beton sulit untuk dikerjakan atau workability-nya rendah sehingga mengakibatkan mutu beton turun.

2.4 Dasar Mix Design

Pada beton SCC agregat kasar dibatasi yaitu tidak boleh melebihi 50% dalam satu volume beton yang bertujuan menjaga komposisi beton SCC agar dapat mengalir sesuai dengan sifatnya. Pembatasan pada campuran dapat dilihat pada Gambar 2 (Okamura dan Ouchi,2003).



Gambar 2. Bahan campuran *Self Compacting Concrete* (Okamura dan Ouchi,2003).

Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa jumlah agregat kasar pada beton SCC tidak boleh lebih dari 50% dari volume beton dan campuran mortar beton SCC yang

terdiri dari agregat halus dengan jumlah yang dibatasi yaitu 40% dari volume mortar. Viskositas (kekentalan) dan deformabilitas yang tinggi dapat dicapai dengan cara pemakaian *superplasticizer* yang tinggi dengan menggunakan faktor air semen yang rendah.

2.4 Pengujian pada Beton SCC

Pengujian yang dilakukan pada beton SCC dilakukan pada beton segar dan beton keras. Pengujian yang dilakukan pada beton keras sama dengan pengujian yang dilakukan pada beton normal. Sedangkan pada beton segar terdapat tiga metode yang dilakukan untuk pengujian *workability* pada beton SCC diantaranya (EFNARC, 2005):

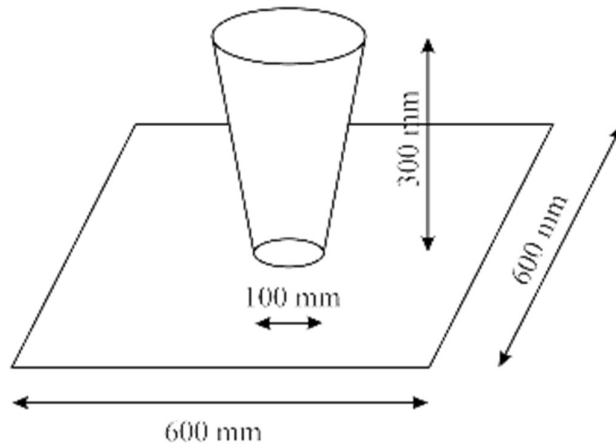
2.4.1 Pengujian pada beton segar

2.4.1.1 Uji *Slump Flow Test*

Pengujian dengan *slump flow* agar mengetahui seberapa besar kemampuan dari campuran beton untuk mengisi ruangan (*filling ability*) yang dapat dilihat dari diameter lingkaran campuran beton (Risdianto, 2010). Menurut ASTM C1611, *slump flow* merupakan jarak terjauh antara tepi ke tepi aliran dari beton segar secara lateral yang diukur dari diameter terluar. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *flowability* beton SCC agar memenuhi syarat ialah 550–850 mm. Cara pengujian *slump flow*:

1. Alat *slump flow* diletakan pada papan yang datar dengan posisi terbalik atau dengan diameter besar terletak di atas dan diameter kecil terletak dibawah.
2. Campuran dari beton dimasukan kedalam *slump cone* hingga penuh.
3. *Slump cone* diangkat secara perlahan.
4. Waktu yang diperlukan aliran beton agar mencapai diameter 500 mm atau 50 cm dicatat (SF50) 3–6 detik.

5. Diameter maksimum yang dicapai aliran beton dicatat sebesar (SF_{max}), 65-75 cm.



Gambar 3. *Slump cone*.

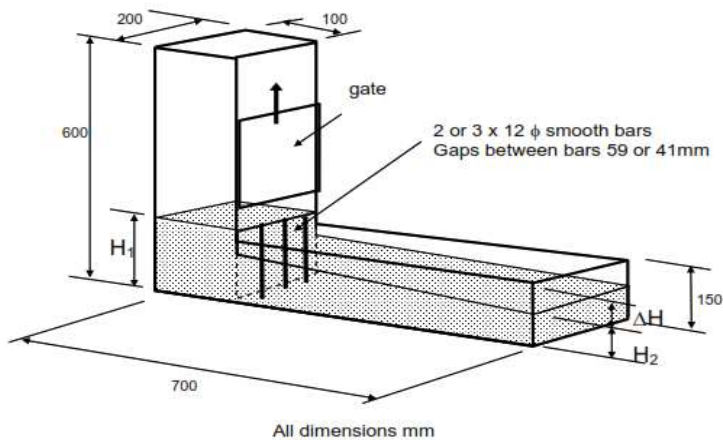
Bersamaan dengan pengujian *slump flow* dilakukan juga pengujian T_{50} (*slump flow time*). T_{50} (*slump flow time*) adalah waktu yang diperlukan untuk mencapai diameter 50 cm, waktu yang diizinkan dalam mencapai diameter 50 cm adalah maksimal 6 detik (EFNARC, 2005). Kenaikan dari *slump flow* adalah pengaruh dari penambahan *superplasticizer* pada beton segar.

2.4.1.2 Uji L-box

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *passing ability Self Compacting Concrete* yang dilakukan dengan menggunakan alat yang berbentuk L yang terbuat dari besi. Syarat dari *passing ability* setelah *gate* dibuka sebesar 40 cm dalam 3-6 detik. Dapat mengetahui kemungkinan adanya bloking beton segar saat mengalir. Penelitian menghasilkan nilai bloking rasio yang diperoleh dari perbandingan nilai H_2/H_1 . Semakin besar nilai bloking rasio yang diperoleh maka semakin baik beton segar mengalir dengan viskositas tertentu. Cara pengujiannya adalah:

- a. Terlebih dahulu menutup sekat penutup.
- b. Mengisi dengan campuran beton segar pada arah vertikal sampai jenuh.
- c. Menarik sekat penutup sampai terbuka sehingga beton segar bisa mengalir ke arah horizontal.
- d. Cek perbedaan tinggi arah horizontal.

Syarat yang harus dipenuhi oleh beton SCC ialah $PA \geq 0,8-1,0$ yang dimana PA didapat dari nilai $PA = H_2/H_1$, alat yang digunakan pada pengujian L-box dapat dilihat pada Gambar 4.



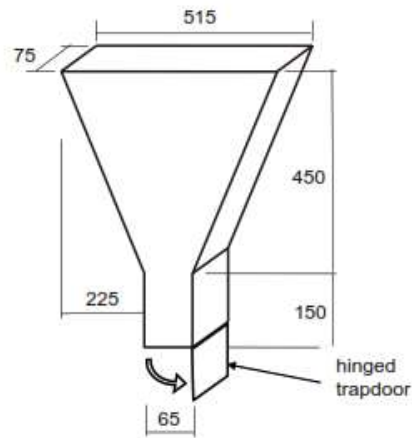
Gambar 4. Alat L-box (EFNARC, 2005).

2.5.1.3 Uji *V-Funnel Test*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *filling ability* campuran beton SCC dan *segregation resistance*. Alat yang digunakan untuk pengujian *V-funnel* dapat dilihat pada Gambar 6, cara pengujiannya adalah:

- a. Menutup penutup bagian bawah.
- b. Isi *V-funnel* dengan campuran beton hingga penuh.
- c. Penutup pada bagian bawah dibuka sehingga beton dapat mengalir.

- d. Mencatat lama waktu beton mengalir hingga *V-funnel* kosong.



Gambar 5. Alat *V-funnel* (EFNARC, 2005).

2.4.2 Pengujian kuat tekan beton

Kuat tekan beton ialah kekuatan beton dalam menerima gaya per satuan luas yang mampu menahan gaya tekan yang diberikan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990). Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 35 dan 56 hari dengan benda uji berbentuk silinder yang memiliki ukuran 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang silinder = $\frac{1}{4} \pi D^2$ (mm²)

III. METODE PENELITIAN

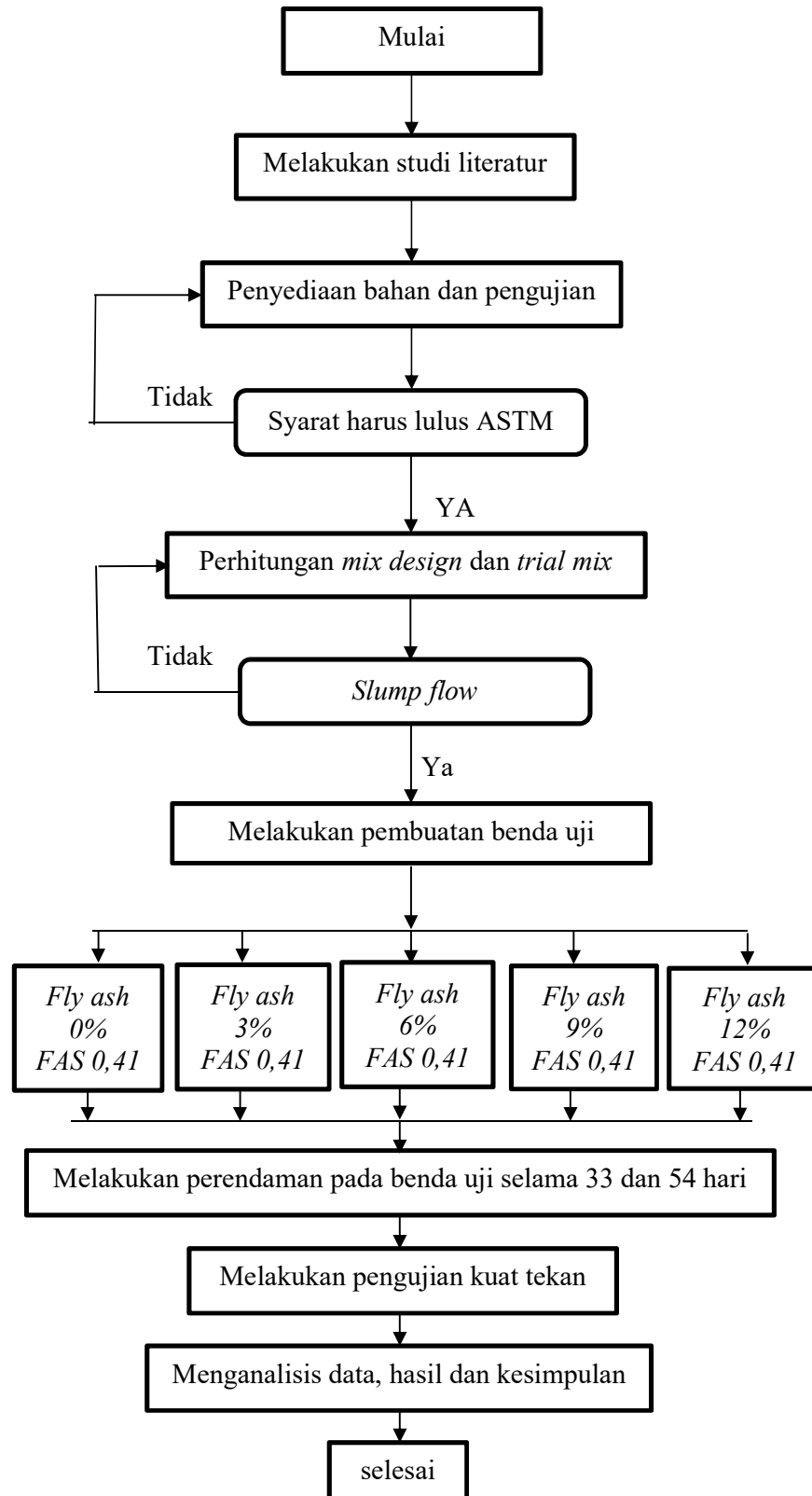
Metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yang dimana agar mendapatkan data dan hasil dari penelitian maka dilakukan pengujian di Laboratorium. Penelitian ini menggunakan variasi *fly ash* sebesar 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% diperoleh dari berat semen yang digunakan sebagai bahan pengganti dan bahan penambah pada beton *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan menggunakan faktor air semen (fas) 0,41. Pada penelitian ini menggunakan sampel berupa silinder dengan ukuran diameter 150 dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tekan yang akan di uji pada umur 35 dan 56 hari.

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dengan judul pengaruh penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti sejumlah semen dan bahan tambah terhadap kuat tekan pada *Self Compacting Concrete* (SCC) dikerjakan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Alur dari penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir pelaksanaan penelitian.

3.3 Persiapan Alat dan Bahan

Dalam melakukan penelitian ini hal pertama yang harus dilakukan ialah menyiapkan seluruh peralatan dan bahan yang akan digunakan. Pada penelitian alat dan bahan yang dibutuhkan adalah:

3.3.1 Alat

3.3.1.1 Oven

Oven adalah suatu alat yang digunakan untuk mengeringkan bahan yang akan di uji. Oven yang akan digunakan dalam penelitian ini memiliki kapasitas suhu maksimum 110°C dan memiliki daya sebesar 2800 Watt.

3.3.1.2 Satu set saringan

Pada penelitian ini menggunakan diameter saringan 37,5 mm; 25 mm; 19 mm; 12,5 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; 0,02 mm dan pan. Alat ini digunakan untuk memisahkan agregat sesuai dengan gradasinya masing-masing.

3.3.1.3 Timbangan

Timbangan ialah alat yang digunakan untuk mengukur berat material yang akan digunakan. Timbangan yang digunakan adalah timbangan digital elektrik yang memiliki kapasitas 30 kg dengan ketelitian 0,1.

3.3.1.4 *Piknometer*

Piknometer merupakan alat yang digunakan untuk menguji kandungan zat organik dan berat jenis.

3.3.1.5 Gelas ukur 100 cc

Gelas ukur 100 cc merupakan wadah dan alat ukur yang digunakan untuk memastikan berat *superplasticizer* sesuai dengan kebutuhan.

3.3.1.6 Cetakan kerucut pasir

Cetakan kerucut pasir digunakan untuk melihat kondisi SSD dari pasir (*Saturated surface dry*).

3.3.1.7 Bejana silinder

Bejana silinder digunakan untuk pengujian berat volume pada agregat halus dan kasar. Terdapat 2 bejana yaitu bejana yang berkapasitas 5

liter digunakan untuk pengujian berat volume agregat halus dan bejana yang berkapasitas 10 liter digunakan untuk pengujian berat volume agregat kasar.

3.3.1.8 *Concrete mixer*

Concrete mixer merupakan alat untuk mencampur semua material. Alat yang digunakan pada material ini merupakan molen mini yang memiliki kapasitas maksimal yaitu $0,125 \text{ m}^3$ yang memiliki kecepatan 20-30 putaran permenit.

3.3.1.9 Satu set alat *slump flow test*

Alat yang dipakai yaitu satu set kerucut abrams yang berdiameter atas 102 mm, diameter bawah 203 mm, tinggi 305 mm dan *base plate* memiliki tebal 3 mm dengan ukuran 900 x 900 mm. Digunakan untuk menguji *workability* beton SCC telah memenuhi syarat *slump flow*.

3.3.1.10 Meteran

Alat meteran digunakan dalam mengukur diameter pada pengujian *slump flow* beton SCC.

3.3.1.11 Cetakan benda uji

Cetakan benda uji digunakan untuk mencetak beton yang sesuai dengan bentuk dan kebutuhan. Cetakan benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 dan tinggi 300 cm.

3.3.1.12 Bak perendam

Bak perendam digunakan pada saat proses curing beton SCC, hal ini dilakukan dengan tujuan menjaga kelembaban agar beton tidak cepat kehilangan air.

3.3.1.13 *Compression testing machine* (CTM)

Compression testing machine (CTM) adalah alat yang digunakan untuk menguji kuat tekan beton. Alat *Compression testing machine* (CTM) yang digunakan memiliki kapasitas beban maksimal 3000 kN dengan merek CONTROLS.

3.3.1.14 Alat bantu

Alat yang digunakan untuk membantu dan memperlancar penelitian, yang berupa tongkat pemadat, kode warna, skop, sendok semen, ember, container, *trolley*, *stopwatch*, gelas ukur, dan alat tulis.

3.3.2 Bahan

3.3.2.1 Semen portland

Semen yang digunakan dalam pembuatan *Self Compacting Concrete* (SCC) pada penelitian kali ini adalah semen jenis PPC dengan merek Semen Padang. Semen ini diperoleh dari toko dengan keadaan tertutup dalam kemasan berukuran (zak) 50 kg.

3.3.2.2 Air

Air yang digunakan dalam penelitian harus bersih, tidak mengandung minyak, lumpur, garam dan barang yang dapat. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

3.3.2.3 Agregat halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Gunung Sugih, Lampung Tengah yang harus memenuhi standar ASTM dalam beberapa pengujian seperti kadar air, berat jenis dan penyerapan, kadar lumpur, gradasi agregat kasar, berat volume, kandungan zat organik dalam pasir.

3.3.2.4 Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Tanjung, Lampung Selatan dengan ukuran gradasi 1 - 2. Agregat yang digunakan harus memenuhi standar ASTM dalam beberapa pengujian seperti kadar air, gradasi agregat kasar, berat jenis dan penyerapan, dan berat volume.

3.3.2.5 *Superplasticizer*

Superplasticizer pada penelitian ini menggunakan kadar 1,75%, yang termasuk jenis *Superplasticizer* HRWR yang bernama M 261 tipe F.

3.3.2.6 *Fly ash*

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini merupakan *fly ash* Tipe C yang berasal dari PT PLN (persero) sektor pembangkitan sebalang dengan variasi 3%, 6%, 9%, dan 12% yang diperoleh dari berat semen yang digunakan sebagai bahan pengganti dan bahan penambah.



Gambar 7. *Fly ash*.

3.4 Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material dalam penelitian ini dilakukan pada agregat kasar, dan agregat halus. Pemeriksaan material yang dilakukan pada agregat halus ialah kadar air, gradasi agregat halus, zat organik, berat jenis dan penyerapan, dan kadar lumpur. Sedangkan pemeriksaan material pada agregat kasar ialah kadar air, gradasi agregat kasar, dan berat jenis dan penyerapan yang harus sesuai dengan standar ASTM. Setelah melakukan pemeriksaan material data yang diperoleh dapat digunakan untuk perhitungan pencampuran beton (*mix design*). Data hasil pemeriksaan material dapat dilihat pada Tabel 3 dan perhitungan lengkap dapat dilihat pada lampiran A.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Material Agregat Halus dan Kasar

Jenis Pengujian	Material yang dipakai	Nilai Hasil Pengujian	Standart ASTM
Kadar Air	Agregat Halus	0,5 %	0-1 %
	Agregat Kasar	2,09 %	0-3 %
Berat Jenis	Agregat Halus	2,6	2,0 - 2,9
	Agregat Kasar	2,62	2,5 - 2,9
Penyerapan	Agregat Halus	2,25 %	1 - 3 %
	Agregat Kasar	2 %	1 - 3 %
Gradasi	Agregat Halus	2,95	2,3 - 3,1
	Agregat Kasar	7,37	6 - 8
Berat Volume	Agregat Halus	1596 kg/m ³	-
	Agregat Kasar	1519,4 kg/m ³	-
Kadar Lumpur	Agregat Halus	2 %	< 5 %
Zat Organik	Agregat Halus	Lebih terang dari Warna standart	Tidak boleh Lebih gelap dari Warna standart (3)

Sumber: Hasil penelitian

3.5 Perencanaan Campuran SCC (*Mix Design SCC*)

Rancangan campuran beton SCC pada penelitian ini di buat dengan jumlah agregat kasar dan agregat halus sama dan mengacu pada metode DoE (*British*) yang dimodifikasi. Bahan beton SCC yang digunakan dicampurkan dengan *superplasticizer* yang bernama M 261, *fly ash* Tipe C yang digunakasn sebagai pengganti dan penambah dan menggunakan faktor air semen (fas) sebesar 0,41. Data perhitungan *Mix Design DOE (British)* modifikasi dengan jumlah hasil kebutuhan material total per m³ dapat dilihat pada Tabel 4 dan dapat dilihat pada Lampiran B.

Tabel 4. Kebutuhan Material *Self Compacting Concrete* (SCC) untuk per m³

Volume fraction (%)	Material (kg)					
	Semen	Pasir	Split	Air	Fly Ash	SP
0	569	753,86	753,86	233,29	-	9,957
3	569	753,86	753,86	233,29	17,07	9,957
6	569	753,86	753,86	233,29	34,14	9,957
9	569	753,86	753,86	233,29	51,21	9,957
12	569	753,86	753,86	233,29	68,28	9,957

3.6 Pembuatan Benda Uji

Setelah melakukan perancangan campuran yang sesuai, maka selanjutnya adalah melakukan pembuatan benda uji. Proses pembuatan benda uji dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. (a) pengadukan material (b) pencampuran *fly ash*.

Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui bahwa proses pengecoran dimulai dengan memasukan agregat halus dan kasar ke dalam *mixer* lalu di aduk hingga tercampur dengan merata. Setelah tercampur dengan merata maka dilakukan pemberian semen dan *fly ash* secara bertahap dan perlahan. Selanjutnya menuangkan air yang sudah di beri *superplasticizer* secara bertahap. Setelah seluruh campuran sudah terlihat *flow*, campuran beton ditampung dan di uji *slump flow*-nya yang kemudian dimasukan di dalam cetakan.

Benda uji yang akan dibuat berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm yang digunakan untuk uji kuat tekan. Setiap variasi terdiri dari 3 benda uji yang pengujiannya akan dilakukan pada umur beton 35 dan 56 hari. Data dari jumlah benda uji dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Jumlah Benda Uji

Kadar %		<i>Fly Ash</i> Sebagai Bahan Pengganti		<i>Fly Ash</i> Sebagai Bahan Penambahan	
<i>Fly ash</i>	FAS	35 hari	56 hari	35 hari	56 hari
0%	0,41	3	3		
5%	0,41	3	3	3	3
10%	0,41	3	3	3	3
15%	0,41	3	3	3	3
20%	0,41	3	3	3	3
JUMLAH		15	15	12	12
Total		54			

3.7 Pengujian *Workability* Beton Segar

Pada saat beton dengan kondisi segar, maka benda uji beton dianalisis sifat *self-compacted*-nya dengan menggunakan *slump flow test*. Pengujian *Slump flow test* digunakan untuk mengukur diameter rata-rata penyebaran dari adukan beton segar beton SCC dengan menggunakan alat *slump test apparatus*. Hasil dari pengujian ini adalah nilai *slump flow* dan T_{50} yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan *filling ability* dan *flow ability* dari beton SCC. Alat dan prosedur yang dilakukan sesuai dengan standar ASTM C1611 dengan menggunakan *slump test apparatus* yang dalam penggunaannya dibalik.

Hal yang perlu diperhatikan saat pengujian beton segar beton SCC adalah waktu pekerjaanya harus cepat, ketepatan membaca, mengukur diameter dan waktu uji. *Slump flow test* yang direncanakan pada penelitian kali ini sekitar 550 – 850 mm mengacu pada standar EFNARCH 2005 dan spesifikasinya khusus – INTERM Skh – 1.7.23 beton memadat sendiri (*Self compacting concrete*) menurut kementerian PUPR dan Direktorat Jendral Bina Marga. Pengujian *slump flow* dan pengukuran diameter *slump flow* dapat dilihat pada Gambar 9-10.



Gambar 9. Pengujian *slump flow test*.



Gambar 10. Pengukuran diameter *slump flow*.

3.8 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Setelah benda uji dituang kedalam cetakan dan sudah didiamkan selama 24 jam, selanjutnya benda uji dibuka dan direndam di dalam bak air selama 26 hari dan 54 hari. Hal yang ini dilakukan untuk menjamin proses hidrasi dapat berlangsung dengan baik dan proses pengerasan terjadi dengan sempurna sehingga tidak terjadi retak-retak pada beton dan mutu betonnya dapat terjamin. Setelah benda uji diangkat dari bak yang berisi air didiamkan selama 24 jam terlebih dahulu sebelum di uji kekuatannya. Proses perendaman benda uji dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Proses perendaman benda uji.

3.9 Pengujian Benda Uji

Setelah beton selesai di-*curing*, dilakukan pengetesan atau uji kuat tekan yang benda ujinya berbentuk silinder. Pengujian kuat tekan ini dilakukan dengan cara.

3.9.1 Uji kuat tekan

Kuat tekan beton ialah kemampuan dari beton untuk menahan gaya tekan tertentu (yang dihasilkan oleh mesin tekan) dengan beban per satuan luas hingga beton mengalami kehancuran (SNI 03-1974-1990). Benda uji kuat tekan beton dapat berupa kubus dan silinder. Pada pengujian kuat tekan pada penelitian menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) yang memiliki kapasitas 150 ton dengan kecepatan pembebanan sebesar 0,14-0,34 MPa/detik.

Rumus kuat tekan beton :

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban tekan (kN)

A = Luas permukaan benda uji (mm²)

Pada penelitian ini digunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm, dan tinggi 300 mm.

3.10 Perhitungan dan Analisis Data

Setelah melakukan pengujian, dapat dilakukan perhitungan dan analisis data sebagai berikut:

- Menghitung kuat tekan beton pada benda uji silinder dengan faktor air semen (fas) sebesar 0,41, umur beton 35 dan 56 hari dan *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen dan bahan penambah yang akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik berdasarkan dengan persamaan 1.
- Dari hasil pengujian kuat tekan dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi *fly ash* pada saat faktor air semen (fas) sebesar 0,41 dan umur beton 35 dan 56 hari dengan hasil kuat tekan kemudian dilakukan analisis.
- Dari hasil pengujian kuat tekan dibuat grafik perbandingan pengaruh antara *fly ash* sebagai bahan pengganti sejumlah semen dengan *fly ash* sebagai bahan penambah yang kemudian dilakukan analisis.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan variasi *fly ash* sebesar 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% pada campuran *self compacting concrete* (SCC) tidak meningkatkan nilai T_{50} beton SCC dan menurunkan nilai *slump flow* seiring bertambahnya variasi *fly ash* yang digunakan. Pada saat *fly ash* digunakan sebagai bahan pengganti pada variasi 6%, 9%, dan 12% tidak dapat dikategorikan sebagai beton SCC karena tidak memenuhi kriteria sebagai beton SCC, hal ini juga terjadi pada *fly ash* yang digunakan sebagai bahan penambah pada variasi 3%, 6%, 9% dan 12%.
2. Berat volume beton tertinggi pada variasi 3% dengan *fly ash* sebagai bahan pengganti pada umur 56 hari yaitu sebesar 2313,21 kg/m³, sedangkan nilai berat volume beton terendah terjadi pada variasi 9% dengan *fly ash* sebagai bahan pengganti pada umur 35 hari yaitu 2254,92 kg/m³.
3. Nilai kuat tekan beton yang menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengganti pada beton SCC memiliki kuat tekan maksimum pada variasi 3% pada umur 56 hari dengan kenaikan sebesar 10,37% dari nilai kuat tekan tanpa *fly ash* sebagai pengganti sebesar 32,60 MPa menjadi 35,98 MPa dengan nilai *slump flow* dan T_{50} sesuai dengan standar EFNARC.
4. Nilai kuat tekan beton yang menggunakan *fly ash* sebagai bahan penambah pada beton SCC memiliki nilai kuat tekan maksimum pada variasi 0% yaitu 32,6 MPa dengan nilai *slump flow* dan T_{50} sesuai dengan standar EFNARC.

5. Nilai kuat tekan beton setelah umur 35 hari mengalami kenaikan pada variasi 0%, 3%, dan 9% yaitu sebesar 30,16%, 6,82%, 1,61%, dan 9,33% sedangkan pada variasi 12% mengalami penurunan 0,69% dengan *fly ash* digunakan sebagai bahan pengganti. Sedangkan pada *fly ash* yang digunakan sebagai bahan penambah kenaikan terjadi pada variasi 0%, 3%, 6% dan 12% yaitu sebesar 30,16%, 11,27%, 13,21%, dan 3,69% sedangkan pada variasi 9% mengalami penurunan sebesar 6,33%.
6. *Fly ash* sebagai bahan pengganti dan bahan penambah memiliki kuat tekan maksimum pada variasi 3% dengan *fly ash* sebagai pengganti yaitu sebesar 35,98 MPa dengan umur beton 56 hari yang memiliki nilai *slump flow* dan T_{50} yang memenuhi standar EFNARC.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan dengan tujuan perkembangan penelitian dapat dilakukan lebih lanjut sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian kembali dengan menggunakan *superplasticizer* yang berbeda untuk mengetahui perbandingan sifat masing masing *admixture* terhadap campuran beton.
2. Perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh *fly ash* terhadap mekanika beton SCC.
3. Selain melakukan pengujian *slump flow* dan *slump* hendaknya dilakukan pengujian *V-Funnel test*, dan *L-Box*, pada beton segar untuk *self compacting concret* (SCC).

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia., Riyadi Muhtarom. 2019. Kualitas Beton SCC dengan Substitusi Agregat Halus Tailing Tambang Emas Daerah Pongkor. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negri Jakarta.
- ACI 116R-2000. 2000. Cement and Concrete Terminology. SNI 15-2049-2004. Semen Portland. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Aer, Anggie , Adityo., Sumajouw, Marthin D.J., Pandaleke, Ronny E. 2014. Pengaruh Variasi Kadar *Superplasticizer* Terhadap Nilai *Slump* Beton *Geopolymer*. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.6, September 2014 (283-291)
- ASTM C1611. 2017. Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete. WSDOT Materials Manual. USA. M 46-01.27.
- ASTM E178 – 02. 2008. Standard Practice for Dealing With Outlying Observations. American Internasional Standard. USA.
- ASTM C494-82. Standard Specification for Chemical Admixture. United State: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM 1017/1017M-03. Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete. United state: Association of Standard Testing Materials.
- Citrakusuma, Juwita. Laily. 2012. Kuat Tekan Self Compacting Concrete dengan Kadar Superplasticizer yang Bervariasi. SKRIPSI. Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
- Destyanto, Tri Bagus., Wardhono Arie. 2018. Pengaruh *Fly Ash* Sebagai Material Pengganti Semen pada Campuran Bbeton *Self Compacting Concrete* (SCC) Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton. Fakultas Teknik Universitas Surabaya. Vol 1 Nomor 0/REKAT/18 (2018), 201 – 208.
- EFNARC. 2005. *Specification and Guidelines for Self Compacting Concrete*. European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products. Hampshire, U.K.
- EFNARC. 2002. *Specification and Guidelines for Self Compacting Concrete*. Specification & Guidelines for Self-Compacting Concrete. U.K.

- Faial, Reza Nurandy. 2020. Pengaruh Substitusi Pasir *Fly Ash* Terhadap Ketahanan dan Kekuatan Beton Yang Terendam Air Laut. SKRIPSI. Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional.
- Kartini, Wahyu. 2009. Penggunaan *Fly Ash* pada *Self Compacting Concrete* (SCC). Jurusan Teknik Sipil UPN Veteran Jawa Timur.
- Kartini, Wahyu. 2009. Penggunaan Ppenambahan *Fly Ash* pada *Self Compacting Concrete* (SCC) Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas. Jurusan Sipil Fakultas Teknik UPN Veteran Jawa Timur.
- Nurjamilah, Iis., Sihotang, Abinhot. 2018. Kajian Karakteristik Beton Memadat Sendiri yang Menggunakan Serat Ijuk. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Bandung. No. 4 Vol.4.
- Okamura H, Ouchi M. 2003. *Self Compacting Concrete*. Journal of Advanced Concrete Technology. Vol. 1 No. 1. Japan
- Patrisia, Yulin. 2014. *Self Compacting Concrete* dengan Memanfaatkan *Fly Ash* dan Abu Batu Sebagai Material Pengisi (Filer). Palang Karaya. Vol. 2 No. 1 Januari-Juni 2014:70-80.
- PUPR Pd 14-2018-B. Penggunaan Abu Terbang dalam Campuran Beton Sedikit Semen Portland. Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil.
- Pujiono, Agus., Riyanto, Dwi., Pujianto, As'at., Soebandono, Bagus. 2013. Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Agregat Batu Apung. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. Vol. 16, No. 2, 184-190.
- Robl, T., Mahboub, K., Stevens, W., & Rathbone, R. (2010). Fluidized Bed Combustion Ash Utilization : CFBC Fly Ash as a Pozzolan Additive to Portland Cement Concrete . Second International Confrence on Sustainable Construction Materials and Technologies Journal, (June).
- Ryan, W.G. 1992. Australian Concrete Concrete Technology. Longman Cheshire, Melbourne.
- Rusyandi, Kukun., Mukodas, Jamul., Gunawan, Yadi. 2012. Perancangan Beton *Self Compacting Concrete* (Beton Mmemadat Sendiri) dengan Penambahan *Fly ash* dan *Structuro*. Sekolah Tinggi Teknologi Garut. Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia.
- Reiner, M and Rens, K. 2006. High Volume Fly Ash Concrete : Analysis and Aplication, colorado.
- Risdianto, Yogie. 2010. Penerapan *Self Compacting Concrete* (SCC) pada Beton Mutu Normal. Vol. 08 No. 02 Juli 2010 – ISSN : 1412 – 1467.

- SNI 2847:2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Sebayang, Surya. 2010. Pengaruh Kadar Abu Terbang Sebagai Pengganti Sejumlah Semen Pada Beton Alir Mutu Tinggi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- SNI 1970:2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2460:2014. Spesifikasi Abu Terbang Batu Bara dan Pozolan Alam Mentah atau yang telah Diklasifikasi untuk Digunakan dalam Beton (ASTM C618-08A, IDT). Standar Nasional Indonesia.
- SNI 15-2049-2004. Semen *Portland*. Standar Nasional Indonesia
- Sopriyogi. 2008. Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Mutu Tinggi dengan Penambahan *Fly Ash* dengan f'_c Rencana 50 MPa. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Sentosa, Bastian. O. B. 2010. Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Lentur Beton Normal Menggunakan Semen Portland Pozzolan. SKRIPSI. Program Studi Teknik Sipil Universitas Indonesia.
- SNI 03-1974-1990. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Tangtermsirikul, S and Khayat, K. (2000). “part III-Fresh concrete properties”, in: *A. Skarendabl, O. Patersson (Eds.), Self-Compacting Concrete, State of the-Art Report of RILEM Technical Commillee, 17-22.*
- Umboh, Hendri Alfian., Sumauw, D.J Marthin., Windah, S. Rekyjo. 2014. Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (*Fly Ash*) dari PLTU II Sulawesi Utara Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. Jurnal Sipil Statik Vol.2, No.7. 352-358.
- Widaryanto, Pramudia. 2010. Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Beton Normal Menggunakan Semen Portland Komposit. SKRIPSI. Jurusan Teknik Sipil Universitas Indonesia.