

**ANALISIS PENGARUH VARIASI PANJANG KAWAT
BENDRAT PADA *SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)***

(Skripsi)

Oleh

**ELFA DAMAYANTI
(1915011004)**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH VARIASI PANJANG KAWAT BENDRAT PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

Oleh

ELFA DAMAYANTI

Beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi namun memiliki kelemahan dalam ketahanan tarik. Hal ini membuat beton rentan terhadap retak jika terkena beban tarik yang signifikan. Untuk mengatasi masalah ini, beton sering diperkuat dengan penambahan serat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi panjang serat kawat bendrat pada *self compacting concrete* (SCC). SCC adalah jenis beton yang dirancang untuk mengalir secara otomatis tanpa perlu getaran dan serat kawat bendrat digunakan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan retak beton. Dalam penelitian ini, menggunakan kawat bendrat berbentuk lurus dengan variasi panjang 50 mm, 60 mm, dan 70 mm dengan volume fraksi 0,75%. Benda uji kuat tekan dan kuat tarik belah berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm berjumlah 24 buah dan uji kuat tarik lentur berupa balok dengan panjang 400 mm, lebar 100 mm, dan tinggi 100 mm berjumlah 12 buah. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Dari hasil pengujian yang dilakukan, kuat tekan tertinggi terjadi pada serat dengan panjang 50 mm dengan peningkatan sebesar 7,55% dari beton normal. Pada uji kuat tarik belah mengalami peningkatan tertinggi pada variasi panjang 70 mm dengan kenaikan sebesar 5,27% dibandingkan beton normal. Begitu pula pada pengujian kuat tarik lentur, peningkatan kekuatan tertinggi terjadi pada variasi panjang serat 70 mm dengan peningkatan sebesar 171,91% dibandingkan dari beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan panjang serat kawat bendrat pada SCC dapat meningkatkan kekuatan tarik pada beton. Namun, semakin panjang serat akan menyebabkan sulitnya pergerakan agregat sehingga menurunkan *workability* pada saat pengerjaan beton.

Kata kunci: kawat bendrat, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF BENDRAT WIRE LENGTH VARIATION ON SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)

By

ELFA DAMAYANTI

Concrete has high compressive strength but has weaknesses in tensile resistance. This makes concrete susceptible to cracking if exposed to significant tensile loads. To solve this problem, concrete is often reinforced with the addition of fibers. This study aims to analyze the effect of bendrat wire fiber length variations on self compacting concrete (SCC). SCC is a type of concrete designed to flow automatically without the need for vibration and bendrat wire fibers are used as additional materials to increase the strength and cracking resistance of concrete. In this study, using straight-shaped bendrat wire with length variations of 50 mm, 60 mm, and 70 mm with a fraction volume of 0.75%. The compressive strength and tensile strength test specimens in the form of cylinders with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm totaled 24 pieces and flexural tensile strength tests in the form of blocks with a length of 400 mm, a width of 100 mm, and a height of 100 mm totaled 12. Testing was conducted at the age of 28 days. From the test results conducted, the highest compressive strength occurred in fibers with a length of 50 mm with an increase of 7.55% from normal concrete. In the tensile strength test, there was the highest increase in length variations of 70 mm with an increase of 5.27% compared to normal concrete. Similarly, in the flexural tensile strength test, the highest increase in strength occurred in the variation in fiber length of 70 mm with an increase of 171.91% compared to normal concrete. This shows that the addition of bendrat wire fiber length in SCC can increase the tensile strength of concrete. However, the longer the fiber will cause difficulty in the movement of aggregates, thus reducing workability during concrete work.

Keywords: bendrat wire, compressive strength, split tensile strength, flexural tensile strength

**ANALISIS PENGARUH VARIASI PANJANG KAWAT
BENDRAT PADA *SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)***

Oleh

ELFA DAMAYANTI

Skripsi

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

Pada

**Program Studi S1 Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH VARIASI PANJANG
KAWAT BENDRAT PADA SELF
COMPACTING CONCRETE (SCC)**


Nama Mahasiswa : **Elfa Damayanti**

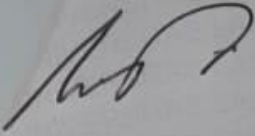
Nomor Pokok Mahasiswa : 1915011004

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

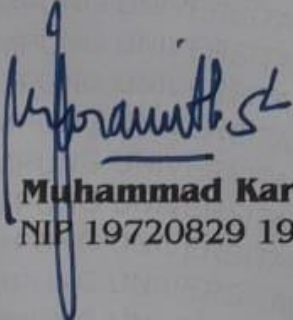




Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.
NIP 19721026 200003 1 001


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 : **Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.**

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

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Eng. Ratna Widayati, S.T.,
M.T., IPM., ASEAN Eng.**

2. Dekan Fakultas Teknik



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

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **12 Oktober 2023**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Elfa Damayanti
NPM : 1915011004
Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul "*Analisis Pengaruh Variasi Panjang Kawat Bendrat pada Self Compacting Concrete (SCC)*" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah ditetapkan. Ide penelitian didapat dari Pembimbing I, oleh karena itu baik atas data penelitian berada pada Saya dan Pembimbing I, Bapak Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.

Apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Oktober 2023



Elfa Damayanti

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Elfa Damayanti. Penulis dilahirkan di Gedongtataan pada tanggal 15 Maret 2001 sebagai putri pertama dari tiga bersaudara dari keluarga Bapak Edi Gunawan dan Ibu Desanty. Dan memiliki dua orang adik bernama Bani Elfansyah dan Abdul Fikri Fadil.

Penulis memulai jenjang pendidikan dari pendidikan taman kanak-kanak di TK Sekar Wangi pada tahun 2006-2007. Menyelesaikan pendidikan tingkat sekolah dasar di SD Negeri 01 Sukaraja pada tahun 2013 kemudian menghabiskan masa remajanya di SMP Negeri 1 Gadingrejo dan SMA N 1 Gadingrejo pada tahun 2013-2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil di Universitas Lampung Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil pada tahun 2019.

Selama kuliah di Universitas Lampung, selain menjalani kegiatan belajar di kampus, penulis juga mengikuti beberapa organisasi seperti Birohmah dan Fossi. Penulis juga aktif dan pernah menjadi sekretaris Departemen Kerohanian dan Keolahragaan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung.

Dalam pengaplikasian ilmu di bidang Teknik Sipil, penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik di PT. Rafi Cahaya Famili pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Pengadilan Agama Gedongtataan, Kabupaten Pesawaran, Lampung dari bulan Juli-Oktober 2022. Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gedungdalom, Kecamatan Waylima, Kabupaten Pesawaran selama 40 hari dalam periode I 2022. Selanjutnya penulis mengambil tugas akhir untuk skripsi pada tahun 2023, dengan judul skripsi yaitu Analisis Pengaruh Variasi Panjang Kawat Bendrat pada *Self Compacting Concrete (SCC)*.

MOTTO

“Ketetapan Allah pasti akan datang, dan janganlah kamu meminta untuk mempercepatnya”

(QS. An-Nahl: 1)

“Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang.
Masing-masing beredar pada garis edarnya”

(QS. Yasin: 40)

“Tugas manusia hanya sebatas berjuang, bukan memaksakan hasil, kita punya kendala, tetapi Allah punya kendali, yakinlah, jika Allah sudah ikut andil, maka tidak ada kata mustahil”

(Hanan Attaki)

“Siapa yang mampu meningkatkan takwanya kepada Allah maka Aku akan mudahkan semua harapan-harapan yang diinginkan”

(Adi Hidayat)

“To get what you love, you must first be patient with what you hate”

Imam Al Ghazali

“Suatu hal tampak sulit, sampai kamu menyelesaikannya”

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Allah SWT yang telah memberikan kekuatan serta kemampuan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini. Karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya skripsi ini dapat selesai.

Ayah dan Bunda yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan, semangat, dan motivasi.

Kedua adikku, Bani dan Fikri beserta Nenek yang juga selalu memberikan dukungan dalam hal apapun.

Teman-teman terdekat yang sudah banyak membantu selama proses skripsi, kebersamai, mendengarkan keluh kesah, menyemangati, memberikan nasihat dan masukan selama ini.

Dosen Pembimbing dan Penguji yang sangat menginspirasi untuk ilmu yang diberikan dan turut andil dalam menyelesaikan skripsi ini.

Almamaterku Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh Variasi Panjang Kawat Bendrat pada *Self Compacting Concrete (SCC)*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Bapak Ir. Ashruri, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan, masukan, dan motivasi kepada penulis selama perkuliahan.
5. Bapak Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T., selaku pembimbing utama atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran, dan motivasi dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku pembimbing kedua yang selalu memberikan masukan dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Ibu Dr. Eng. Ir. Ratna Widyawati, S.T., M.T., IPM., selaku dosen penguji. Terima kasih untuk masukan dan saran dalam penyempurnaan skripsi ini.
8. Seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Sipil atas semua ilmu pengetahuan dan didikannya selama masa perkuliahan.

9. Seluruh staff dan karyawan Program Studi S1 Teknik Sipil atas segala bantuannya dalam hal administrasi.
10. Kedua orangtuaku dan adik-adikku yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, dan selalu memberikan segala hal demi kelancaran dan keberhasilan penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan perkuliahan dengan baik.
11. Nenek serta keluarga yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan.
12. Teman-teman lab Naya, Laila, Verdy, Naufal, dan Alvany terima kasih atas kebersamaannya, bantuan, dan dukungan selama proses penelitian penulis.
13. Grup Power Rangers: Amirah, Mita, Yanti, Riska, dan Lady yang sudah menjadi penghibur di kala sedih dan senangnya penulis dan selalu menjadi teman terbaik untuk penghilang stress dan juga untuk bercerita.
14. Grup Wkwk: Mupun dan Juwita yang telah bersedia mendengarkan segala keluhan penulis, selalu memberikan doa, dukungan, semangat, nasehat serta motivasi kepada penulis.
15. Teman-teman seperjuangan SOLID 19. Terima kasih atas empat tahunnya susah senang menjadi mahasiswa Teknik Sipil. Menjadi keluarga selama mengarungi kehidupan kampus dan memberikan banyak pengalaman serta kenangan selama perkuliahan.
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, terima kasih atas semua bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya bagi penulis dalam mengembangkan dan mengamalkan ilmu pengetahuan.

Bandarlampung, 2023
Penulis,

Elfa Damayanti

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	P1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Self Compacting Concrete</i>	5
2.1.1. Kelebihan SCC	7
2.1.2. Karakteristik SCC	8
2.1.3. Pengujian SCC	9
2.2. Material Penyusun SCC	11
2.2.1. Agregat	11
2.2.2. Air	15
2.2.3. Semen Portland Komposit (PCC)	15
2.2.4. Superplasticizer	16
2.3. Beton Serat	19
2.3.1. Serat Kawat Bendrat	18
2.4. Sifat Mekanik Beton	20
2.4.1. Kuat Tekan	20
2.4.2. Kuat Tarik Belah	21
2.4.3. Kuat Tarik Lentur	21
2.5. Penelitian Sebelumnya	22
III. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Lokasi Penelitian	25
3.2. Persiapan Alat dan Bahan	26
3.3. Prosedur Pelaksanaan	28
3.3.1. Pengujian Karakteristik Agregat	29
3.3.2. Perencanaan Campuran SCC	30
3.3.3. Pembuatan Sampel Benda Uji SCC	31
3.3.4. Pengujian <i>Workability</i>	32
3.3.5. Perawatan Sampel Benda Uji (<i>Curing</i>)	33
3.3.6. Pengujian Sampel Benda Uji	34
3.3.7. Analisis Hasil Penelitian	37
3.4. Diagram Alir Penelitian	38

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Umum	39
4.2. Pengujian <i>Workability</i> /Kelecakan	39
4.3. Pengujian Kuat Tekan SCC.....	44
4.4. Pengujian Kuat Tarik Belah SCC.....	50
4.5. Pengujian Kuat Tarik Lentur SCC	54
V. KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61

LAMPIRAN A (HASIL UJI BAHAN)

LAMPIRAN B (*MIX DESIGN*)

LAMPIRAN C (HASIL PENGUJIAN)

LAMPIRAN D (FOTO PENELITIAN)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Syarat Gradasi Agregat Halus Menurut ASTM.....	14
Tabel 3.1. Data Hasil Pemeriksaan Material Agregat Kasar dan Halus	30
Tabel 3.2. Jumlah Benda Uji	31
Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian <i>Slump Flow</i> SCC	40
Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian T50 cm pada SCC	42
Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan SCC pada Umur 28 Hari	46
Tabel 4.4. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah SCC pada Umur 28 Hari	46
Tabel 4.4. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan SCC pada Umur 28 Hari	51
Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur SCC pada Umur 28 Hari	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Perbandingan proporsi campuran SCC dengan Beton Konvensional	7
Gambar 2.2. Uji <i>Slump Flow</i>	9
Gambar 2.3. <i>L-Shape Box test</i>	10
Gambar 2.4. <i>V-Funnel test</i>	11
Gambar 2.5. Kawat bendrat panjang 50 mm, 60 mm, dan 70 mm	19
Gambar 3.1. Proses pembuatan benda uji (a), pencetakan benda uji (b)	32
Gambar 3.2. <i>Slump Flow Test</i> (a), pengukuran diameter (b)	33
Gambar 3.3. Perawatan benda uji	33
Gambar 3.4. Patah pada pusat 1/3 bentang (L).	36
Gambar 3.5. Patah di luar 1/3 bentang (L) dan garis patah <5% dari bentang.	36
Gambar 3.6. Diagram Alir.	38
Gambar 4.1. Grafik hubungan panjang serat dengan <i>slump flow</i> SCC.....	40
Gambar 4.2. Pengujian <i>slump flow</i> dan T50 SCC, tanpa serat (a), dengan campuran serat kawat bendrat (b).....	41
Gambar 4.3. Grafik hubungan antara T50 dengan variasi panjang serat	43
Gambar 4.4. Grafik perbandingan variasi panjang serat kawat bendrat dengan hasil pengujian kuat tekan SCC	47
Gambar 4.5. Pengujian kuat tekan beton	49
Gambar 4.6. Benda uji SCC tanpa serat (a) dan dengan serat (b).....	49
Gambar 4.7. Grafik perbandingan variasi panjang serat kawat bendrat dengan hasil pengujian kuat tarik belah SCC.....	51
Gambar 4.8. Pengujian kuat tarik belah beton	53
Gambar 4.9. Benda uji (a) tanpa serat, (b) dengan serat kawat bendrat, setelah pengujian kuat tarik belah beton.....	54
Gambar 4.10. Grafik perbandingan variasi panjang serat kawat bendrat dengan hasil pengujian kuat tarik lentur SCC.....	55
Gambar 4.11. Pengujian kuat tarik lentur beton.....	57

Gambar 4.12. Benda uji (a) tanpa serat, (b) dengan serat kawat bendrat, setelah pengujian kuat tarik lentur beton..... 58

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan batuan buatan sebagai bahan konstruksi yang tersusun dari semen portland, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan cara mencampurkannya menjadi satu kesatuan, dan terkadang juga ditambah dengan bahan tambah yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan bangunan non kimia pada perbandingan tertentu. Karena beton merupakan material komposit, maka kualitas beton tergantung dari masing-masing material pembentuknya (Tjokrodimuljo, 2007).

Konsekuensi dari beton bertulang dan non bertulang yang tidak sempurna pematatannya, diantaranya dapat menurunkan kuat tekan beton dan kekedap-
airan beton sehingga mudah terjadi korosi pada tulangan. Kekuatan struktur beton yang tereduksi mengakibatkan kegagalan atau keruntuhan pada struktur (Sulaiman et al, 2018). Salah satu solusi dalam menghadapi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan metode *Self Compacting Concrete (SCC)* atau disebut juga “beton alir” (*Flowing Concrete*) (Safarizky, 2017). *Self Compacting Concrete (SCC)* diperkenalkan pertama kali di Eropa pada akhir abad ke-20 dan merupakan konsep inovatif untuk menghasilkan beton yang dapat “mengalir” (*flowable*) namun tetap kohesif dan bermutu tinggi.

Beton mempunyai kelemahan yaitu mempunyai kuat tarik yang rendah dan bersifat getas (*brittle*) sehingga pemakaiannya terbatas. Kuat tarik beton dapat ditingkatkan dengan menambahkan serat pada beton. Penambahan serat ke dalam beton dapat meningkatkan kekuatan tarik dan ketahanan terhadap retakan. Serat-serat ini membantu menahan gaya tarik beton dan mencegah retakan yang lebih besar. Kombinasi antara serat dan SCC memberikan manfaat tambahan dalam aplikasi struktural beton. Salah satu alternatif bahan

tambah yang digunakan adalah serat baja (*steel fibers*). Jack C. McCormac (2004) mengatakan bahwa suatu tulangan hanya memberikan penguatan pada arah tulangan saja, sementara serat yang disebarkan secara acak menyediakan kekuatan tambahan pada semua arah.

Gabriella, Fauzie, Azhar (2017) melakukan penelitian dengan menambahkan serat baja pada SCC dengan variasi penambahan 0%, 0,5%, 0,75%, 1%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan penambahan variasi serat baja akan menurunkan *workability* SCC mutu tinggi. Sifat fisik beton segar dengan serat 0,5% dan 0,75% memenuhi syarat dalam *The European Guidelines For Self Compacting Concrete (TEGFSCC 2005)* tetapi SCC dengan serat 1% tidak memenuhi syarat. Berdasarkan hasil penelitian, direkomendasikan untuk penambahan penggunaan serat 0,75% dari volume beton karena dapat meningkatkan sifat mekanik beton dan memenuhi untuk semua persyaratan SCC.

Pada penelitian Zhafira (2017), campuran beton diberi bahan tambah serat bendrat berkait. Namun, penambahan serat bendrat berkait tidak memberikan kontribusi besar dalam peningkatan kuat tekan. Kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur maksimal terjadi pada beton serat dengan *volume fraction* 0,75% dengan hasil berturut-turut sebesar 35,9336 MPa, 3,9848 MPa, dan 8,9380 MPa.

Nugraha (2018) meneliti tentang variasi panjang kawat bendrat. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa penambahan serat kawat bendrat dengan variasi panjang 36 mm, 48 mm, 60 mm membuat perilaku beton berbeda beda. Hal tersebut terlihat di setiap pengujian yang telah dilakukan, pada pengujian kuat tekan dapat dilihat peningkatan kekuatan yang terjadi untuk beton serat 36 mm sebesar 3,75%, untuk beton serat 48 mm sebesar 25,12%, dan untuk beton serat 60 mm sebesar 12,29%. Dari hasil ini maka beton serat 48 mm adalah beton serat yang peningkatan kekuatan tekannya terbesar sebesar 25,12%. Sedangkan pada pengujian kuat tarik belah dapat dilihat peningkatan kekuatan dari beton

serat 36 mm sebesar 3,57%, beton serat 48 mm sebesar 23,27%, dan beton serat 60 mm sebesar 32,71%. Maka dapat dilihat peningkatan kekuatan tarik belah terbesar adalah pada beton serat dengan panjang 60 mm sebesar 32,71%. Begitupun pada pengujian kekuatan lentur, beton serat 36 mm, 48 mm, dan 60 mm mengalami kenaikan kekuatan sebesar 9,28% untuk beton serat 36 mm, 30,30% untuk beton serat 48 mm, dan 41,82 mm untuk beton serat 60 mm. Dari hasil ini maka beton serat 60 mm adalah beton serat yang peningkatan kekuatan lentur yang terbesar sebesar 41,82%.

Untuk meningkatkan kuat tarik beton secara signifikan, maka perlu adanya penambahan serat. Dipasaran sudah tersedia serat baja dramix akan tetapi harganya relatif mahal dan tidak mudah diperoleh karena di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi serat baja, sehingga penelitian ini menggunakan bahan lokal yaitu kawat bendrat, selain harganya yang murah dan mudah didapat, kawat bendrat juga memiliki ketahanan terhadap gaya tarik yang tidak kalah kuat dengan serat baja lainnya. Dikarenakan belum adanya penelitian tentang pengaruh variasi panjang kawat bendrat pada SCC, oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan analisis pengaruh variasi panjang kawat bendrat berbentuk lurus yang dipotong-potong menjadi 50 mm, 60 mm dan 70 mm dengan volume fraksi 0,75% pada SCC. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi masukan ataupun bahan pertimbangan para perencana struktur maupun praktisi beton di lapangan yang ingin memperoleh struktur beton serat dengan kualitas baik.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan variasi panjang serat kawat bendrat terhadap kuat tekan, kuat tarik lentur dan kuat tarik belah pada SCC?
2. Berapa besar kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat tarik lentur yang dihasilkan dengan penambahan variasi panjang serat kawat bendrat pada SCC?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis pengaruh penambahan variasi panjang serat kawat bendrat terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat tarik lentur beton.
2. Untuk memberikan perbandingan persentase optimal serat kawat bendrat dengan variasi panjang kawat bendrat terhadap kuat tekan, kuat tarik lentur, dan kuat tarik belah pada SCC.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Material yang digunakan adalah agregat kasar yang berasal dari Tanjung, agregat halus yang berasal dari Gunung Sugih, semen portland, dan *superplasticizer*.
2. Serat yang digunakan adalah kawat bendrat berbentuk lurus dengan variasi panjang 50 mm, 60 mm dan 70 mm dan volume fraksi 0,75%.
3. Perencanaan dan perhitungan *Mix Design* dilakukan menggunakan *The British Mix Design Method*.
4. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat tarik lentur pada SCC berumur 28 hari.
5. Benda uji akan dibuat sebanyak 36 buah sampel. 24 buah benda uji silinder dengan dimensi 150x300 mm dan 12 buah sampel benda uji balok dengan dimensi 100x100x400 mm, untuk tiap variasi menggunakan sampel sebanyak 3 buah.
6. Dalam pengujian material dilakukan sesuai acuan ASTM dan untuk pengujian beton dilakukan berdasarkan standar EFNARCH, JSCE dan SNI.
7. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat pada penelitian ini adalah:

1. Menjadi referensi untuk mengetahui perilaku SCC yang diberi penambahan serat kawat bendrat.
2. Dengan adanya penambahan variasi panjang serat kawat bendrat diharapkan dapat menjadi bahan tambah untuk komponen campuran beton karena memiliki nilai ekonomis, mudah diperoleh, dan harganya relatif lebih murah.
3. Sebagai referensi untuk penelitian lanjutan mengenai penambahan variasi panjang serat kawat bendrat terhadap SCC.

II. TINJAUAN PUSTAKA

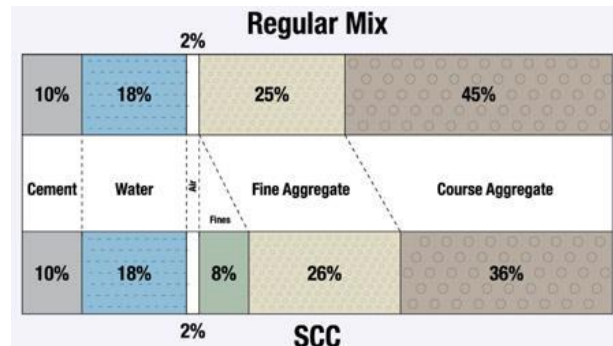
2.1. *Self Compacting Concrete*

Menurut EFNARC *The Europe Guidelines for Self Compacting Concrete (2005)*, SCC adalah sebuah inovasi beton yang tidak memerlukan getaran untuk mengisi ruang dan memadat. SCC mampu mengalir dengan beratnya sendiri untuk memenuhi bekisting (cetakan) secara utuh dan mencapai kepadatan sempurna, bahkan konstruksi dengan desain tulangan yang rapat. SCC dapat mengalir dengan lebih cepat sehingga dapat mempercepat pekerjaan pengecoran.

SCC adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali (Budi et al, 2018). SCC memerlukan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan *admixture superplastiziser* agar mencapai keenceran yang khusus sehingga memungkinkan beton mengalir sendiri tanpa adanya bantuan alat pemadat. Sekali dituang ke dalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip gravitasi, termasuk pada pengecoran beton dengan tulangan pembesian yang Sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton (Sharifi et al, 2019).

SCC mempunyai perbandingan porsi komponen halus yang lebih banyak dan ukuran agregat kasar yang lebih kecil dengan porsi lebih sedikit dibandingkan beton normal (konvensional). SCC menghasilkan permukaan yang halus dan bebas dari cacat seperti lubang udara dan jejak vibrasi. Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan hasil akhir yang estetis tanpa perlu pemrosesan permukaan tambahan. Komponen halus akan mengurangi segregasi serta meningkatkan

kohektivitas campuran. Perbandingan proporsi dari campuran antara beton normal dengan SCC dapat dilihat pada Gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2.1. Perbandingan proporsi campuran SCC dengan Beton Konvensional.

(Sumber: Okamura dan Ouchi, 2003)

2.1.1. Kelebihan SCC

Dengan SCC, struktur beton *repair* menjadi lebih padat terutama pada daerah pembesian yang sangat rapat, dan waktu pelaksanaan pengecoran juga lebih cepat. Kelebihan dari SCC diantaranya :

1. Sangat encer, bahkan dengan bahan aditif tertentu bisa menahan slump tinggi dalam jangka waktu lama (*slump keeping admixture*).
2. Tidak memerlukan pemadatan manual.
3. Lebih homogen dan stabil.
4. Kuat tekan beton bisa dibuat untuk mutu tinggi atau sangat tinggi.
5. Lebih kedap, porositas lebih kecil.
6. Susut lebih rendah.
7. Dalam jangka panjang struktur lebih awet (*durable*).
8. Tampilan permukaan beton lebih baik dan halus karena agregatnya biasanya berukuran kecil sehingga nilai estetis bangunan menjadi lebih tinggi.
9. Karena tidak menggunakan penggetaran manual, lebih rendah polusi suara saat pelaksanaan pengecoran.

10. Tenaga kerja yang dibutuhkan juga lebih sedikit karena beton dapat mengalir dengan sendirinya sehingga dapat menghemat biaya sekitar 50 % dari upah buruh.

2.1.2. Karakteristik SCC

Berdasarkan spesifikasi dan kriteria SCC dari EFNARC (2005), beton segar dapat dikatakan sebagai SCC apabila memenuhi kriteria sebagai berikut, yaitu :

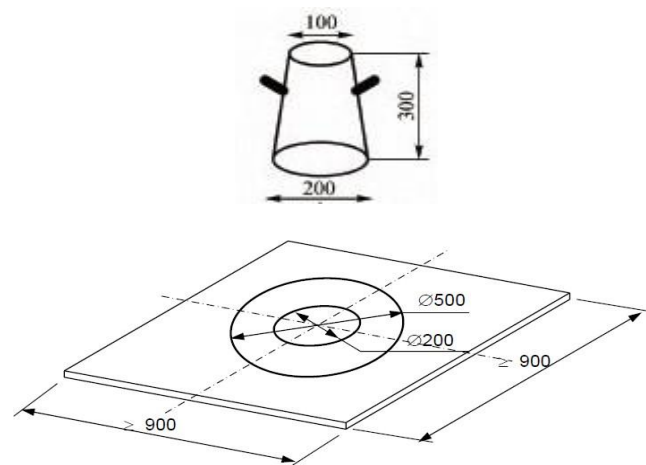
1. *Filling ability* adalah tingkat kemampuan SCC untuk mengalir sendiri dan mengisi dengan baik keseluruhan bagian ruangan atau cetakan tanpa perlu adanya getaran tambahan. Perbandingan dari bahan dan sifat bahan juga mempengaruhi kemampuan beton segar untuk mengisi keseluruhan cetakan.
2. *Passing ability* merupakan tingkat kemampuan SCC untuk mengalir dengan sendirinya ke dalam seluruh area cetakan secara homogen melalui celah sempit antar besi tulangan pada cetakan tanpa mengalami atau menimbulkan segregasi.
3. *Segregation resistance* merupakan kemampuan SCC untuk menjaga beton tetap dalam keadaan komposisi yang homogen dan kualitas yang konsisten dari campuran beton dimana segregasi merupakan kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton atau pemisahan partikel-partikel berat dan ringan dalam campuran beton sehingga campuran menjadi tidak homogen.
4. *Viscosity* untuk menggambarkan laju aliran dari adonan beton segar dapat dilakukan pengujian T-50 selama pengujian *slump flow*. Pengujian T-50 adalah waktu yang dibutuhkan beton untuk dapat mengalir menyentuh garis batas diameter lingkaran (50 cm) pada papan *slump*. Beton dengan viskositas rendah mempunyai aliran awal yang sangat cepat lalu berhenti. Adonan beton dengan viskositas tinggi akan terus mengalir dalam waktu yang lama.

2.1.3. Pengujian SCC

Berdasarkan EFNARC (2005), berikut merupakan metode pengujian untuk mengetahui sifat SCC:

1. *Slump Flow Test*

Pengujian *slump flow* dengan menggunakan kerucut Abrams dilakukan untuk mengukur nilai *slump* adukan beton, yaitu kemampuan alir beton pada permukaan bebas. Sehingga dapat diketahui kondisi workabilitas beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton yang dinyatakan dengan besaran diameter 550-850 mm. Bersamaan dengan proses pengujian *slump flow* juga dapat dilakukan pengujian T50. Pengujian *slump flow* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Uji *Slump Flow*.

(Sumber: EFNARC, 2005)

$$\text{Slump flow} = \frac{1}{2} (d \text{ max} + d \text{ perpendicular})$$

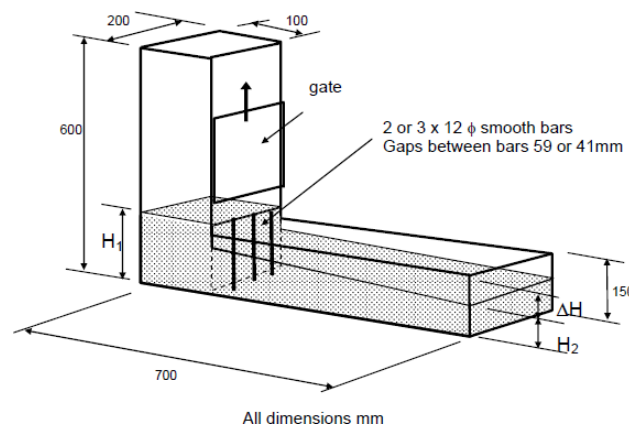
Dengan,

$d \text{ max}$ = jarak diameter terbesar lingkaran *slump flow*

$d \text{ perpendicular}$ = jarak diameter yang tegak lurus dari $d \text{ max}$

2. *L-Shape Box*

L-Shape Box test dipakai untuk menentukan kriteria *passing ability* dari SCC. Pengujian *L-Shape Box* dapat mengetahui ada kemungkinan beton mengalami *blocking* saat mengalir. Pengujian *L-Shape-Box* akan didapatkan nilai *blocking ratio* yaitu nilai yang didapat dari perbandingan H_2/H_1 . Nilai *blocking ratio* yang semakin besar berarti semakin baik pula beton tersebut mengalir dengan viskositas tertentu. Menurut *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete (2005)* untuk uji *L-Shape-Box* kriteria yang dipakai disarankan mencapai nilai *passing ability* 0,8 – 1,0. Pengujian *L-Shape-Box* dapat dilakukan seperti pada Gambar 2.3.



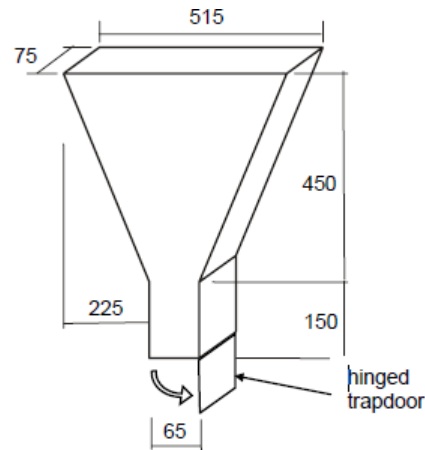
Gambar 2.3. *L-Shape Box test*.

(Sumber: EFNARC, 2005)

3. *V-Funnel Test*

V-funnel digunakan untuk mengukur viskositas SCC serta untuk mengetahui *segregation resistance*. Kemampuan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut di ujung bawah alat ukur *V-funnel* diukur dengan besaran waktu antara 6 detik sampai maksimal 12 detik (*The European Guidelines for Self-Compacting Concrete, 2005*). Waktu yang ditunjukkan dari hasil pengujian *V-Funnel*

menunjukkan tingkat kemampuan beton dalam mengalir. Pengujian *V-funnel* dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4. *V-funnel* test.
(Sumber: EFNARC, 2005)

2.2. Material Penyusun SCC

2.2.1. Agregat

Secara umum material yang digunakan dalam pembuatan beton yaitu terdiri dari semen, air, agregat halus, dan agregat kasar dengan komposisi tertentu sehingga menghasilkan kuat tekan tertentu. Agregat merupakan komponen beton yang paling penting dalam menentukan besarnya kekuatan dan karakteristik fisik SCC. Pada beton biasanya volume agregat berkisar sekitar 70-75% dari total keseluruhan volume beton. Maka sifat-sifat agregat ini mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap perilaku dari beton yang sudah memadat. Ukuran dan distribusi partikel agregat dapat mempengaruhi kekuatan beton.

Pada SCC, perbandingan agregat halus lebih banyak dibandingkan pada beton konvensional. Selain itu juga untuk agregat kasar digunakan ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan beton konvensional.

Persyaratan untuk agregat kasar yaitu ukuran butirnya lebih besar dari 4,75 mm dan untuk agregat halus ukuran butirnya lebih kecil dari 4,75 mm. Agar mendapatkan beton yang baik, perlunya menggunakan agregat dengan kualitas yang baik, dalam pembuatan beton, agregat yang baik harus memenuhi persyaratan SNI 2847 2013.

1. Agregat Kasar

Menurut ASTM C33, syarat-syarat agregat kasar yaitu:

- a. Kerikil atau batu pecah terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal. Agregat yang mengandung butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.
- b. Agregat kasar yang akan dipergunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah biasa, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen.
- c. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh Garam-Sulfat:
 - a) Jika dipakai *Natrium Sulfat*, bagian yang hancur maksimal 12% berat agregat.
 - b) Jika dipakai *Magnesium Sulfat*, bagian yang hancur maksimal 12% berat agregat.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton seperti bahan-bahan yang reaktif sekali dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan NaOH.
- e. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering) dan apabila mengandung lebih dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.

- f. Kekerasan dari agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari *Rudeloff* dengan beban penguji 20 ton dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
 - a) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5-19 mm lebih dari 24% berat.
 - b) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22% berat.
- g. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan menggunakan ayakan standar ISO harus memenuhi persyaratan.
- h. Besar butir agregat kasar maksimum tidak boleh lebih daripada $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $1/3$ dari tebal pelat atau $3/4$ dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau berkas tulangan.

2. Agregat Halus

Menurut ASTM C33, syarat-syarat agregat halus yaitu:

- a. Kadar lumpur atau bagian butir lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no. 200), dalam % berat, maksimum :
 - a) Untuk beton yang mengalami abrasi : 3,0
 - b) Untuk jenis beton lainnya : 5,0
- b. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah direpihkan, maksimum 3,0%.
- c. Kandungan arang dan lignit:
 - a) Bila tampak, kandungan beton dianggap penting kandungan maksimum 0,5%.
 - b) Untuk beton jenis lainnya 1,0%.
- d. Agregat halus bebas dari pengotoran zat organik yang merugikan beton. Bila diuji dalam larutan Natrium Sulfat dan dibandingkan dengan warna standar, tidak lebih tua dari warna standar. Jika

warna lebih tua maka agregat halus itu harus ditolak, kecuali apabila:

- a) Warna lebih tua timbul oleh adanya sedikit arang lignit atau yang sejenisnya.
 - b) Diuji dengan cara melakukan percobaan perbandingan kuat tekan mortar memakai agregat tersebut terhadap kuat tekan mortar yang memakai pasir standar silika, menunjukkan nilai kuat tekan mortar tidak kurang dari 95% kuat tekan mortar memakai pasir standar. Uji kuat tekan mortar harus dilakukan sesuai dengan cara ASTM C87.
- e. Agregat halus yang akan dipergunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh Garam-Sulfat :
- a) Jika dipakai *Natrium Sulfat*, bagian yang hancur maksimal 10%.
 - b) Jika dipakai *Magnesium Sulfat*, bagian yang hancur maksimal 15%.
- f. Susunan besar butir (gradasi). Agregat halus harus mempunyai besar butir dalam batas-batas pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Syarat Gradasi Agregat Halus Menurut ASTM

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
9,5	100
4,75	95-100
2,36	80-100
1,18	50-85
0,60	25-60
0,30	10-30
0,15	2-10

2.2.2. Air

Air merupakan material yang paling penting dalam campuran SCC. Peran air juga mendukung perawatan adukan beton sebagai penjamin pengeras yang baik pada beton. Air digunakan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

2.2.3. Semen Portland Komposit (PCC)

Semen portland adalah semen hidrolik yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolik dengan gips sebagai bahan tambahan. Berdasarkan SNI-15-2049-2015 tentang spesifikasi sement Portland, *Portland Composite Cement (PCC)* didefinisikan sebagai pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama klinker semen Portland dan gypsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen Portland dengan bubuk bahan organik lain. Bahan anorganik antara lain pozzolan, senyawa silikat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6-35% dari massa semen.

Kadar silika yang tinggi dari bahan pozzolan tersebut akan menyebabkan jenis semen ini agak lambat mengeras dan panas hidrasinya rendah, namun kekuatan beton masih dapat meningkat lagi secara signifikan berumur 28 hari. Walaupun kekuatan awalnya relatif rendah, namun dengan perawatan yang baik dan teratur bisa menghasilkan kekuatan akhir yang tidak jauh berbeda dengan penggunaan semen portland normal. Disamping itu, karena sifat pozzolan yang mampu mengikat kalsium-hidroksida, maka kekuatan beton yang dihasilkan terhadap korosi sulfat juga akan menjadi lebih

baik. Demikian pula terhadap pengaruh reaksi alkali agregat, semen PCC pada umumnya menunjukkan ketahanan yang lebih baik dibandingkan semen Portland biasa pada kondisi tertentu.

Karena sifat-sifat tersebut maka PCC dapat digunakan pada bangunan-bangunan yang memiliki masa besar atau komponen pondasi yang memiliki volume besar dan dengan kondisi air tanah yang korosif atau juga untuk bangunan yang agresif sulfat seperti dermaga dan bangunan-bangunan lain yang mengkondisikan panas hidrasi rendah dan tidak memerlukan kekuatan awal beton yang tinggi.

2.2.4. *Superplasticizer*

Bahan tambah yang dimasukkan ke dalam adukan beton digunakan untuk merubah karakteristik beton, seperti mudah dikerjakan (*workability*), meningkatkan kuat tekan pada beton, dan menghemat dalam segi biaya. *Superplasticizer* merupakan bahan tambah (*admixture*) yang didefinisikan sebagai material selain air, agregat, semen, dan *fiber* yang digunakan dalam campuran beton atau mortar, yang ditambahkan dalam adukan segera sebelum atau selama pengadukan dilakukan (ACI 116R-2000).

Penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton dapat meningkatkan nilai *slump* untuk *workability* dan mengurangi faktor air semen agar mendapatkan kekuatan awal yang besar (Sugiharto, 2006). Secara umum penambahan bahan *admixture* (*superplasticizer*) adalah untuk membatasi penggunaan air dengan mengurangi air sehingga faktor air semen dapat diminimalkan sekecil mungkin, sehingga hanya air yang diperlukan untuk reaksi hidrasi semen yang digunakan. *Superplasticizer* berfungsi membuat adukan menjadi lebih encer dengan air yang sedikit namun tetap terjaga konsistensi beton yang dihasilkan.

Menurut ASTM C494-82, dikenal 7 jenis *admixture* sebagai berikut:

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

Bahan kimia yang digunakan sebagai pengurang jumlah air yang digunakan. Bahan ini dapat mengurangi faktor air semen dengan kekentalan adukan yang sama, atau lebih mengencerkan adukan pada faktor air semen yang sama.

2. Tipe B : *Retarder*

Bahan kimia yang digunakan untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan apabila memerlukan waktu yang cukup lama antara pencampuran/pengadukan beton dengan penuangan adukan, atau saat terdapat jarak yang jauh antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan.

3. Tipe C : *Accelerator*

Bahan kimia yang digunakan untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan apabila penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada keadaan dimana diperlukan pengerasan segera.

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

Bahan kimia tambahan yang dapat berfungsi ganda yaitu selain mengurangi air juga memperlambat proses ikatan.

5. Tipe E : *Water Reducer Accelerator*

Bahan kimia tambahan yang dapat berfungsi ganda yaitu selain mengurangi air juga mempercepat proses ikatan.

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

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

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

Bahan kimia tambahan yang berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air sampai 12% dan memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan pada *admixture*, antara lain: dosis penggunaan, jenis dan gradasi agregat, tipe semen, susunan campuran dan suhu pada saat pengerjaan. Penggunaan dosis *superplasticizer* yang berlebih pada SCC akan menghasilkan nilai *slump flow test* tinggi tetapi tidak baik digunakan karena dapat menurunkan nilai kuat tekan SCC (Gumalang, Wallah, dan 13 Sumajouw, 2016). Dosis yang disarankan pada penggunaan *admixture* adalah antara 1-2% terhadap berat total semen. Dosis *admixture* dapat menyebabkan segregasi, *bleeding*, dan mengakibatkan berkurangnya kekuatan tekan beton apabila yang digunakan berlebihan (Suryadi, 2011).

2.3. Beton Serat

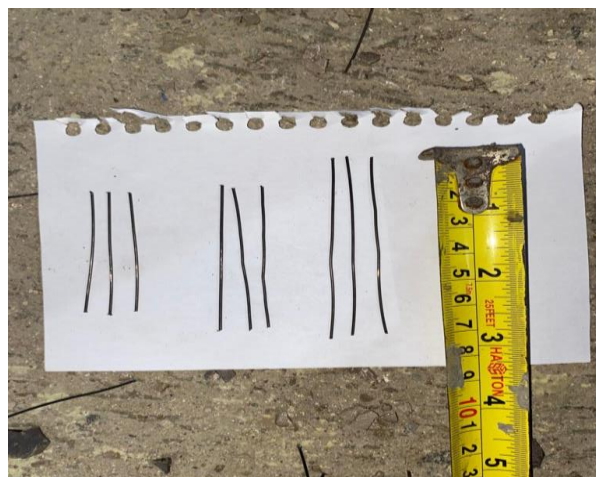
Menurut Ahadi (2011) beton serat merupakan beton yang ditambahkan serat (*fiber*) kedalam campurannya. Beton serat merupakan beton yang terdiri dari semen, air, agregat halus, agregat kasar dan serat (serat baja, plastik, *glass* maupun serat alami) yang disebar secara diskontinu. Tjokrodimuljo mendefinisikan beton serat (*fiber concrete*) sebagai bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat (batang-batang dengan diameter antara 5 dan 500 μm dengan panjang sekitar 2,5 mm sampai 10 mm).

Penambahan serat pada beton dimaksudkan untuk memperbaiki kelemahan sifat yang dimiliki oleh beton yaitu memiliki kuat tarik yang rendah. Serat-serat yang dapat digunakan antara lain adalah serat asbestos, serat *plastik (polypropylene)*, serat kaca (*glass*), serat kawat baja, serat tumbuh-tumbuhan seperti: rami, sabut kelapa, bambu, ijuk (Trimulyono, 2004). Beton serat adalah beton yang cara pembuatannya ditambah serat. Tujuan penambahan serat tersebut adalah untuk meningkatkan kekuatan tarik beton, sehingga beton tahan terhadap gaya tarik akibat, cuaca, iklim dan temperatur yang biasanya terjadi pada beton dengan permukaannya yang luas. Pada penelitian ini digunakan jenis serat yaitu kawat bendrat.

2.3.1. Serat Kawat Bendrat

Kawat bendrat adalah kawat yang selama ini banyak digunakan sebagai pengikat antara tulangan besi memanjang dan tulangan geser (sengkang). Pada penelitian (Ahmad Hafiz, 2015) digunakan kawat bendrat karena kawat bendrat mempunyai kuat tarik sebesar 38,5 N/mm², perpanjangan saat putus 5,5% dan berat jenis 6,68. Dan bila dibandingkan dari segi harga kawat bendrat lebih murah dari harga kawat baja dan kawat biasa sehingga kawat bendrat sangat potensial digunakan dalam penambahan kepada beton.

Konsep utama penambahan serat dalam campuran beton adalah untuk memperbaiki sifat-sifat mekanis pada beton yang terutama untuk menambah kuat tarik beton dan mengingat bahwa kelemahan beton adalah sifat tariknya. Kuat tarik yang rendah berakibat beton tersebut mudah retak dan hancur, yang pada akhirnya mengurangi keawetan beton tersebut. Pada penelitian ini digunakan ukuran kawat bendrat dengan panjang 50 mm, 60 mm, dan 70 mm. Dengan adanya penambahan serat kawat bendrat pada penelitian ini, diharapkan SCC menjadi lebih tahan terhadap retak.



Gambar 2.5. Kawat bendrat panjang 50 mm, 60 mm, dan 70 mm.

2.4. Sifat Mekanik Beton

Sifat mekanik beton dapat diklasifikasikan sebagai sifat jangka pendek, seperti kuat tekan, tarik, dan geser, serta modulus elastisitas. Sifat jangka panjang, seperti rangkai dan susut.

2.4.1. Kuat Tekan

Kuat tekan beton merupakan besarnya beban per satuan luas beton, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton adalah sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Menurut peraturan beton di Indonesia (SNI 2847-2013), kuat tekan beton diberi notasi dengan (f'_c) adalah kuat tekan silinder beton yang disyaratkan berumur 28 hari. Berdasarkan standar ASTM C 39, uji tekan beton dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990). Karena ada beban tekan P , maka terjadi tegangan tekan pada beton (f'_c) sebesar beban (P) dibagi dengan luas penampang beton (A). Besarnya kuat tekan benda uji dapat dihitung dengan persamaan 1.

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

Dimana :

f'_c = Kuat tekan beton/beton serat (MPa)

P = Beban tekan maksimum (kN)

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

2.4.2. Kuat Tarik Belah

Kuat tarik merupakan ukuran kuat beton yang diakibatkan oleh suatu gaya yang cenderung untuk memisahkan sebagian beton akibat tarikan. Kuat tarik belah beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji ditekan (SNI 03-2491-2014). Nilai kuat tarik belah dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$f_t = \frac{2.P}{\pi.L_s.D} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

f_t = Kuat tarik belah beton (MPa)

P = Beban maksimum yang diberikan (kN)

L_s = Tinggi silinder (mm)

D = Diameter silinder (mm)

2.4.3. Kuat Lentur

Beban–beban yang bekerja pada struktur, baik berupa beban (arah vertikal) maupun beban–beban lain, seperti beban angin (arah horizontal), atau juga beban karena susut atau beban karena perubahan temperatur, menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur. Lentur yang terjadi pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul akibat adanya beban luar.

Kuat lentur beton adalah perilaku balok beton yang diletakkan pada dua perletakkan untuk menahan gaya yang arahnya tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya hingga patah. Nilai kuat lentur beton apabila benda uji patah di bagian tengah 1/3 jarak titik perletakkan bagian tarik pada beton dapat dihitung dengan persamaan 3 (SNI 4431-2011).

$$\sigma_t = \frac{P.L}{b.h^2} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

σ_t = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (Ton)

L = Jarak antara 2 (dua) garis perletakan (mm)

2.5. Penelitian Sebelumnya

- a) Gabriella, Fauzie, Azhar (2017) melakukan penelitian dengan menambahkan serat baja pada SCC dengan diameter serat 0,75 dengan panjang 60 mm dan variasi penambahan serat 0%, 0,5%, 0,75%, 1%. Penelitian ini menggunakan *Superplasticizer* 1% dan fas 0,25. Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan kadar serat baja akan menurunkan *workability* beton segar SCC mutu tinggi. Sifat fisik beton segar dengan serat 0,5% dan 0,75% memenuhi syarat dalam *The European Guidelines For Self Compacting Concrete (TEGFSCC 2005)* tetapi SCC dengan serat 1% tidak memenuhi syarat. Hasil rerata pengujian kuat tekan dan ketahanan kejut pada SCC dengan kadar serat 0%,0,5%, 0,75%, dan 1% umur 28 hari adalah 85,44 MPa, 79,94 MPa, 90,38 MPa, 91,729 MPa dan 9, 23, 67, 25, serta 27 pukulan hingga beton runtuh total. Berdasarkan hasil penelitian ini, direkomendasikan penggunaan serat 0,75% dari volume beton karena dapat meningkatkan sifat mekanik beton dan memenuhi untuk semua persyaratan SCC.
- b) Anggraeni (2021) menyimpulkan bahwa nilai kuat tekan SCC dengan kawat bendrat sebagai campuran diketahui kuat tekan maksimum berada pada penambahan variasi 1,5% kawat bendrat sebesar 20,31% yaitu menjadi 35,02 MPa jika dibandingkan dengan beton tanpa serat dengan besar kuat tekan 29,11 MPa. Dan nilai kuat tarik belah maksimum terjadi pada penambahan variasi serat 1,5% yaitu sebesar 73,06% yaitu sebesar

4,39 MPa jika dibandingkan dengan beton tanpa serat dengan besar kuat tarik belah 2,54 MPa. Sedangkan untuk nilai kuat tarik lentur maksimum terjadi pada penambahan variasi kawat bendrat 1,5% juga yaitu sebesar 76,18% yaitu menjadi 4,7 MPa jika dibandingkan dengan beton tanpa serat dengan besar kuat tarik lentur 2,67 MPa.

- c) Faizah (2017) meneliti tentang perbandingan pengaruh penambahan serat bendrat lurus (*straight*) dengan serat bendrat berkait (*hooked*) terhadap perilaku beton dengan beban tekan berulang. Beton yang diberi tambahan serat bendrat berkait lebih mampu menahan kelelahan akibat beban berulang yang menghasilkan lebih banyak interval pembebanan yang dialami beton hingga pecah, kuat tekan yaitu pada interval ke-13, tarik belah ke-14, dan lentur ke-6. Nilai kuat tekan, tarik belah, dan lentur maksimal terjadi pada beton dengan penambahan serat bendrat berkait. Namun, nilainya tidak mengalami peningkatan yang cukup signifikan antara variasi serat bendrat lurus dengan serat bendrat berkait. Kuat tekan maksimal pada serat bendrat berkait sebesar 34,5189 MPa, kuat tarik belah maksimal pada serat bendrat berkait sebesar 3,2067 MPa, dan kuat lentur maksimal pada serat bendrat berkait sebesar 8,9380 MPa.
- d) Nugraha (2018) menyimpulkan bahwa penambahan serat kawat bendrat dengan panjang 36 mm, 48 mm, 60 mm membuat perilaku beton berbeda beda. Hal tersebut terlihat disetiap pengujian yang telah dilakukan, pada pengujian kuat tekan dapat dilihat peningkatan kekuatan yang terjadi untuk beton serat 36 mm sebesar 3,75%, untuk beton serat 48 mm sebesar 25,12%, dan untuk beton serat 60 mm sebesar 12,29%. Dari hasil ini maka beton serat 48 mm adalah beton serat yang peningkatan kekuatannya terbesar sebesar 25,12%. Sedangkan pada pengujian kuat tarik belah dapat dilihat peningkatan kekuatan dari beton serat 36 mm sebesar 3,57%, beton serat 48 mm sebesar 23,27%, dan beton serat 60 mm sebesar 32,71%. Maka dapat dilihat peningkatan kekuatan tarik belah terbesar adalah beton serat dengan panjang 60 mm sebesar 32,71%. Begitupun pada pengujian

kekuatan lentur, beton serat 36 mm, 48 mm, dan 60 mm mengalami kenaikan kekuatan sebesar 9,28% untuk beton serat 36 mm, 30,30% untuk beton serat 48 mm, dan 41,82 mm untuk beton serat 60 mm. Dari hasil ini maka beton serat 60 mm adalah beton serat yang peningkatan kekuatan lentur yang terbesar sebesar 41,82%.

- e) Zhafira (2017) meneliti tentang studi eksperimental pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada campuran beton dengan penambahan serat kawat bendrat berkait dengan variasi kadar serat 0%, 0,75%, 1,0%, dan 1,25% dengan panjang serat 60 mm dan diameter 1 mm. Benda uji kuat tekan dan tarik belah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm berjumlah 24 buah dan benda uji kuat lentur berupa balok dengan panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm sebanyak 12 buah. Pengujian dilakukan setelah 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan optimum terjadi pada variasi kadar serat 0,75% dengan hasil berturut-turut sebesar 35,9336 MPa, 3,9848 MPa, dan 8,9380 MPa. Semakin banyak variasi kadar serat akan menyebabkan sulitnya pergerakan agregat sehingga semakin besar kemungkinan terjadi *balling effect* pada saat pengerjaan beton.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung untuk mendapatkan data-data hasil penelitian pada SCC dengan menambahkan serat kawat bendrat pada campuran beton. Pada penelitian ini digunakan campuran kawat bendrat berbentuk lurus dengan variasi panjang 50 mm, 60 mm, dan 70 mm dengan volume fraksi 0,75%. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada SCC kemudian dilakukan perbandingan hasil dari variasi campuran tersebut.

Ada tiga pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian untuk menentukan nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik belah menggunakan benda uji yang berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan pengujian kuat tarik lentur menggunakan sampel balok dengan dimensi 100 x 100 x 400 mm. Pembuatan benda uji ini meliputi beton normal, SCC serat panjang 50 mm, SCC serat panjang 60 mm, dan SCC serat panjang 70 mm. Untuk setiap pengujian masing-masing variasi panjang, pengujian berjumlah 3 buah sampel benda uji. Total pembuatan benda uji yang digunakan adalah 36 buah. Dimana 12 buah untuk pengujian kuat tekan, 12 buah untuk pengujian kuat tarik belah, dan 12 buah untuk pengujian kuat tarik lentur. Ketiga pengujian ini dilakukan pada saat umur beton 28 hari.

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung. Lama penelitian direncanakan selama 2 bulan.

3.2. Persiapan Alat dan Bahan

Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian kali ini:

1. Alat

Alat penelitian berupa peralatan yang digunakan selama melakukan penelitian ini:

a) Timbangan

Timbangan yang digunakan adalah timbangan dengan ketelitian 0,1 dengan kapasitas maksimum 30 kg.

b) Kontainer

Kontainer merupakan wadah yang digunakan sebagai tempat untuk agregat yang terbuat dari aluminium dan berbentuk persegi panjang.

c) Gelas Ukur 100 cc

Gelas ukur merupakan wadah dan alat ukur untuk menentukan jumlah atau berat *superplasticizer* sesuai dengan kebutuhan.

d) Picnometer

Picnometer digunakan sebagai alat untuk menguji kandungan zat organik dalam pasir.

e) Kerucut Abrams

Kerucut abrams digunakan dalam pengujian agregat halus untuk mengetahui apakah agregat sudah berada pada kondisi SSD.

f) Saringan ASTM

Diameter saringan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 37,5 mm; 25 mm; 19 mm; 12,5 mm; 9,5 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan pan. Alat tersebut digunakan untuk memisahkan ukuran agregat kasar untuk memastikan berat dari gradasi masing – masing saringan sama beratnya untuk setiap sampel beton.

g) Oven

Oven digunakan untuk memanaskan ataupun mengeringkan bahanbahan saat pengujian material agar mendapatkan data yang

diinginkan. Oven yang digunakan mempunyai kapasitas suhu maksimum 110°C dengan daya sebesar 2800 Watt.

h) *Concrete Mixer*

Concrete mixer dalam penelitian ini berupa mesin molen mini yang memiliki kapasitas maksimal yaitu $0,125\text{ m}^3$ dengan kecepatan 20-30 putaran permenit.

i) Satu Set Alat *Slump Flow Test*

Alat yang digunakan yaitu satu buah kerucut abrams berdiameter atas 102 mm, diameter bawah 203 mm, tinggi 305 mm dan *base plate* setebal 3 mm dengan ukuran 900 x 900 mm.

j) Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur lebar diameter beton pada saat pengujian slump flow dan digunakan untuk mengukur 50 cm pada saat pengujian T50 cm.

k) Cetakan Benda Uji

Bekisting digunakan untuk mencetak beton sesuai dengan bentuk dan kebutuhannya. Bekisting yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, dan balok berukuran 400 x 100 x 100 mm.

l) Bak Perendam

Bak perendam digunakan untuk proses *curing* SCC yang bertujuan menjaga kelembaman agar beton tidak cepat kehilangan air.

m) *Compressing Testing Machine* (CTM)

Mesin CTM digunakan sebagai alat uji kuat tekan untuk benda uji kubus, dan uji kuat tarik belah pada benda uji silinder. Mesin CTM yang digunakan pada penelitian ini berasal dari merek dagang CONTROLS dengan kapasitas beban maksimal 3000 kN.

n) *Hydraulic Jack dan Proving Ring* dalam *Loading Frame*

Hydraulic Jack digunakan untuk mendongkrak beban, agar beban yang didongkrak memberikan tekanan (beban) ke *proving ring*. Kemudian *proving ring* akan membaca beban yang diterima untuk kemudian diteruskan ke benda uji balok hingga benda uji balok mengalami patah.

2. Bahan

a) Air

Pada penelitian ini, air diperoleh dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

b) Semen Portland

Pembuatan SCC dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan semen PCC dengan merek dagang Semen Padang.

c) Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari Gunung Sugih, Lampung Tengah.

d) Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Gunung Sugih, Lampung Tengah. Secara visual, pasir ini memiliki tekstur yang relatif bulat dan berwarna coklat keputihan.

e) *Superplasticizer*

Superplasticizer yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *superplasticizer* HRWR M261 tipe F. Kadar kandungan *superplasticizer* yang digunakan dalam adukan SCC adalah 1,75% dari berat semen yang digunakan.

f) Serat

Serat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kawat bendrat berbentuk lurus dengan diameter 0,8 dan panjang 50 mm, 60 mm, dan 70 mm.

3.3. Prosedur Pelaksanaan

Pada tahap ini dibagi dalam beberapa bagian, yaitu pemeriksaan material, perencanaan *Mix Design* SCC, pembuatan sampel benda uji, perawatan benda uji, dan kemudian pengujian sampel benda uji SCC.

3.3.1. Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian sifat-sifat fisik material dilakukan untuk mengetahui data awal material yang akan digunakan pada campuran beton. Pada penelitian ini dilakukan pengujian material pada agregat kasar dan agregat halus. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari material dan apakah agregat kasar dan halus yang digunakan sudah memenuhi spesifikasi sesuai dengan syarat ASTM. Data yang diperoleh dari hasil pengujian material kemudian digunakan untuk perhitungan campuran beton (*mix design*). Pengujian material yang dilakukan sebagai berikut:

a. Pengujian Agregat Kasar

Pada agregat kasar dilakukan pengujian, antara lain:

1. Kadar air agregat kasar (ASTM C 556-78)
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (ASTM C 127-88)
3. Gradasi agregat kasar (ASTM C 33-93)
4. Berat volume agregat kasar (ASTM C 29)

b. Pengujian Agregat Halus

Pada agregat halus dilakukan pengujian, antara lain:

1. Kadar air agregat halus (ASTM C 566-78)
2. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (ASTM C 128-98)
3. Kadar lumpur agregat halus (ASTM C 117-80)
4. Kandungan zat organik agregat halus (ASTM C 40-92)
5. Pengujian gradasi agregat halus (ASTM C 33-93)
6. Berat volume agregat halus (ASTM C 29)

Pada Tabel 3.1 menyajikan data hasil pemeriksaan material agregat halus dan agregat kasar:

Tabel 3.1. Data Hasil Pemeriksaan Material Agregat Kasar dan Halus

Jenis Pengujian	Material	Hasil Pengujian	Standar ASTM
Kadar Air	Agregat Halus	0,9%	0-1%
	Agregat Kasar	2,1%	0-3%
Berat Jenis	Agregat Halus	2,6	2,5-2,7%
	Agregat Kasar	2,8	2,5-2,9%
Penyerapan	Agregat Halus	1%	1-3 %
	Agregat Kasar	1,3%	
Gradasi	Agregat Halus	2,4	2,3-3,1 %
	Agregat Kasar	6,9	6-8%
Kadar Lumpur	Agregat Halus	2,2%	<5%

3.3.2. Perencanaan Campuran SCC

Metode racangan *mix design* SCC ini dilakukan dengan menggunakan metode British yang kemudian komposisinya disesuaikan dengan syarat yang sesuai dengan metode DoE (*Development of Environment*). Pada hal ini dilakukan *trial mix* untuk menghasilkan *slump flow* sebesar nilai standar 550-850 mm. Dengan mengikuti prosedur pada metode tersebut maka akan diperoleh kebutuhan bahan-bahan susun beton serat untuk 1 m³. Dapat dilihat pada Lampiran B hasil kebutuhan material untuk 6 silinder dan 3 balok cetakan untuk SCC.

Pada pelaksanaannya untuk mendapatkan komposisi material adukan SCC yang dapat memenuhi nilai standar *slump flow* SCC yaitu 550 – 850 mm, diperlukan berkali kali trial. Trial dilakukan berulang berkali-kali dikarenakan saat pertama kali percobaan, hasil adukan SCC tidak dapat mengalir karena kekurangan air. Oleh karena itu dilakukan penambahan *superplastizicer* sebagai pengganti penambahan air sehingga tetap didapatkan hasil *slump flow* yang memenuhi standar.

3.3.3. Pembuatan Sampel Benda Uji SCC

Pembuatan benda uji SCC normal dan dengan adanya campuran serat kawat bendrat pada penelitian ini menggunakan benda uji beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 100 x 100 x 400 mm. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sampel sebanyak 36 sampel, 24 benda uji silinder untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dan 12 benda uji balok untuk pengujian kuat tarik lentur beton. Setiap variasi terdiri dari 9 (sembilan) benda uji yaitu 6 (enam) benda uji silinder dan 3 (tiga) benda uji balok. Di setiap pengujian atau jumlah benda uji untuk setiap variasi terdiri dari 3 buah benda uji untuk masing-masing pengujian. Semua sampel ini dilakukan pengujian pada umur sampel 28 hari dengan keterangan sebagai berikut:

Tabel 3.2. Jumlah Benda Uji

Variasi Penambahan Serat Kawat Bendrat	Jenis Pengujian	Nama Benda Uji	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji
Normal	Kuat Tekan	NT	28	3
50 mm		ST.50		3
60 mm		ST.60		3
70 mm		ST.70		3
Normal	Kuat Tarik Belah	NB		3
50 mm		SB.50		3
60 mm		SB.60		3
70 mm		SB.70		3
Normal	Kuat Lentur	NL		3
50 mm		SL.50		3
60 mm		SL.60		3
70 mm		SL.70		3
Total Benda Uji				36

Pada beton dengan campuran serat, variasi serat dicampurkan tepat setelah agregat kasar dan agregat halus dimasukkan ke dalam *mixer concrete*. Pencampuran serat dimasukkan secara perlahan-lahan agar

tidak terjadi *balling* pada serat. Saat seluruh campuran terlihat *flow*, campuran beton segar ditampung untuk dilakukan pengujian *slump flow* dan langkah selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan. Berikut ini merupakan proses pembuatan SCC:



(a)



(b)

Gambar 3.1. Proses pembuatan benda uji (a), pencetakan benda uji (b).

3.3.4. Pengujian *Workability*

Pada pengujian ini dilakukan dengan beton segar dengan campuran serat dan tanpa serat untuk menguji kemampuan *filling ability* dan *flow ability* beton tersebut dengan menggunakan alat *slump flow test*. Pengujian *slump flow* ini merupakan diameter rata-rata penyebaran adukan SCC dengan menggunakan *slump cone*. *Slump cone* diletakkan di tengah pelat *slump flow* dengan bukaan besar menghadap ke bawah. Alat dan prosedur pada pengujian ini disesuaikan dengan standar ASTM C1611. Selanjutnya mengukur diameter rata-rata penyebaran tersebut. Dikarenakan sifat cair dari SCC, maka pada saat proses pengisian *slump cone* harus ditekan ke bawah dengan erat untuk mencegah agar pasta beton tidak mengalir keluar.



Gambar 3.2. *Slump Flow Test* (a), pengukuran diameter (b).

Hal yang harus diperhatikan pada saat pengujian SCC adalah waktu pekerjaan harus cepat, ketepatan membaca dan , mengukur diameter serta waktu uji. *Slump flow test* yang direncanakan pada penelitian ini yaitu berkisar antara 550–850 mm mengacu kepada standar EFNARCH 2005 dan Spesifikasi Khusus – INTERM Skh – 1.7.23 Beton Memadat Sendiri (*Self Compacting Concrete*) menurut Kementerian PUPR dan Direktorat Jenderal Bina Marga.

3.3.5. Perawatan Sampel Benda Uji (*Curing*)

Setelah benda uji dimasukkan ke dalam cetakan dan dibiarkan selama 24 jam, maka benda uji tersebut dibuka dari cetakan lalu direndam dalam bak perendaman selama 26 hari untuk kemudian dilakukan pengujian pada umur beton 28 hari. Kemudian benda uji diangkat dan didiamkan selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian kekuatan. Hal 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 beton dapat terjamin.



Gambar 3.3. Perawatan Benda Uji.

3.3.6. Pengujian Sampel Benda Uji

Pada penelitian kali ini, sampel benda uji ini akan dilakukan 3 pengujian, yaitu pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton dan kuat tarik lentur SCC.

a) Kuat Tekan Beton

Pengujian dilakukan dengan memberi beban atau gaya tekan menggunakan alat mesin tekan (*Compressive Testing Machine*) berkapasitas 150 ton dengan kecepatan pembebanan 0,14–0,34 MPa/detik. Benda uji ini harus melewati proses *curing* dan kemudian ditimbang dan dicatat kemudian diberi tanda. Sebelum melakukan pengujian kuat tekan beton, permukaan tekan benda uji silinder harus rata agar tegangan terdistribusi secara merata pada penampang benda uji. Pengujian dilakukan dengan mengatur alat CTM pada benda uji hingga mengalami retak atau keruntuhan (*failure*). Kuat tekan beton adalah kemampuan beton menahan gaya tekan tertentu (dihasilkan oleh mesin tekan) dengan beban per satuan luas hingga beton hancur (SNI 03-1974-1990). Kekuatan tekan beton dapat dihitung dengan persamaan 1.

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

Dimana:

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban tekan (kN)

A = Luas permukaan benda uji (mm^2)

b) Kuat Tarik Belah

Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat yang ada pada alat penekan yang ada di Laboratorium Universitas Lampung. Kuat tarik belah beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji ditekan (SNI 03-2491- 2014). Nilai kuat tarik belah dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$ft = \frac{2.P}{\pi.Ls.D} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

ft = Kuat tarik belah beton (MPa)

P = Beban maksimum yang diberikan (kN)

Ls = Tinggi silinder (mm)

D = Diameter silinder (mm)

c) Kuat Tarik Lentur

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah (SNI 4431:2011). Nilai kuat lentur beton dapat dihitung dengan persamaan 3 dan 4:

$$\sigma_t = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots(3)$$

Atau

$$\sigma_t = \frac{P.a}{b.h^2} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

σ_t = Kuat tarik belah beton (MPa)

P = Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (Ton)

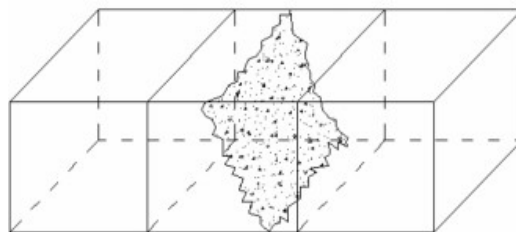
L = Jarak antara 2 (dua) garis perletakan (mm)

a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)

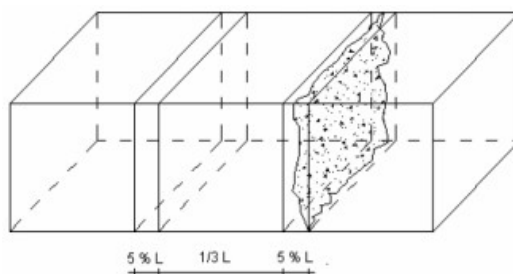
b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

Penggunaan persamaan 3 dan 4 tergantung pada letak retakan atau patahan seperti Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



Gambar 3.4. Patah pada pusat 1/3 bentang (L).



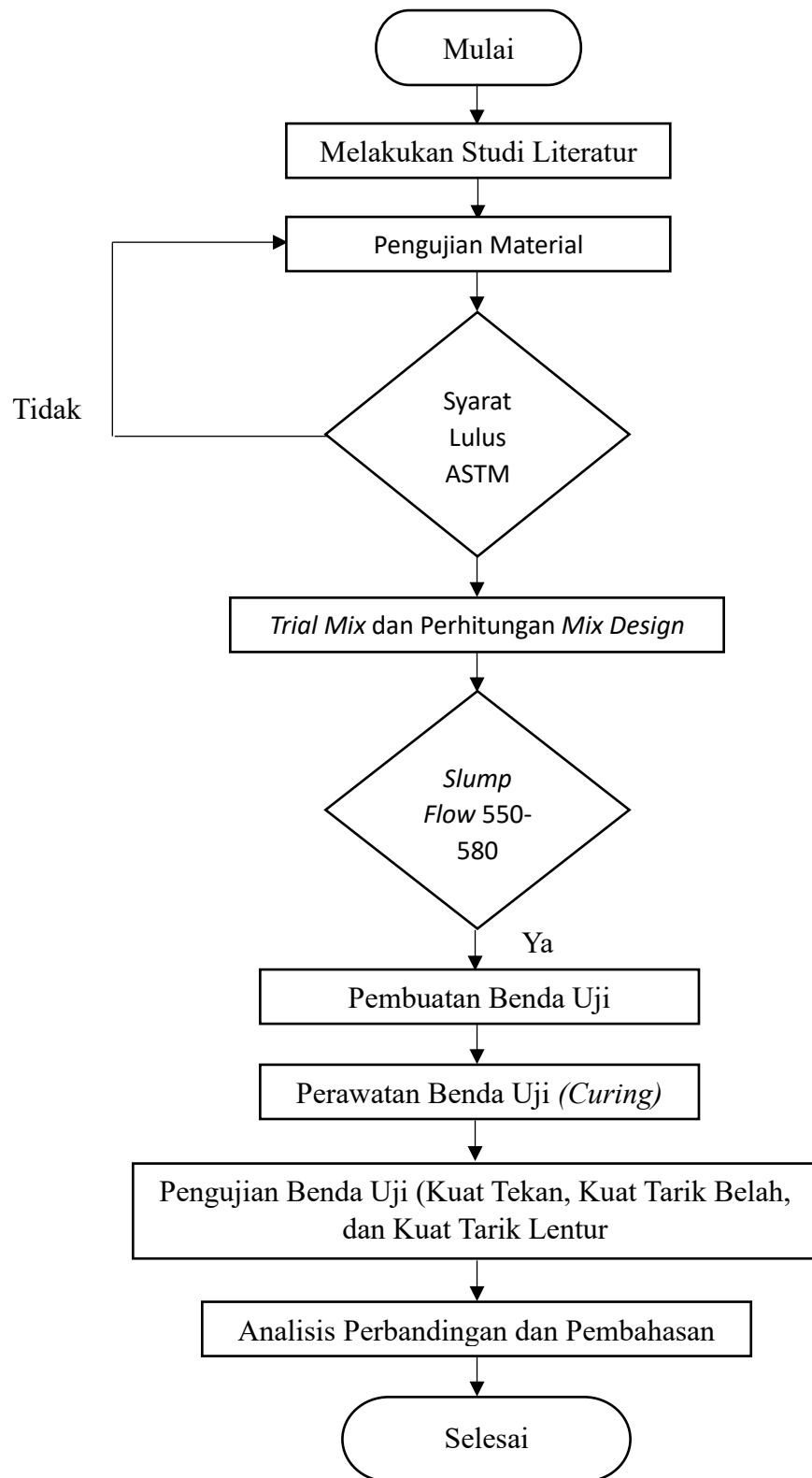
Gambar 3.5. Patah di luar 1/3 bentang (L) dan garis patah < 5% dari bentang.

3.3.7. Analisis Hasil Penelitian

Analisis hasil penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Menghitung kuat tekan beton benda uji silinder dan disajikan dalam bentuk tabel berdasarkan persamaan 1
- b. Dari hasil pengujian kuat tekan beton dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi panjang serat kawat bendrat terhadap hasil kuat tekan, kemudian menganalisisnya.
- c. Menghitung kuat tarik belah beton dengan benda uji silinder dan disajikan dalam bentuk tabel dengan persamaan 2.
- d. Dari hasil pengujian kuat tarik belah beton dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi panjang serat kawat bendrat terhadap hasil kuat tarik belah, kemudian menganalisisnya.
- e. Menghitung kuat tarik lentur beton benda uji balok dan disajikan dalam bentuk tabel dengan persamaan 3.
- f. Dari hasil pengujian kuat tarik lentur beton dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi panjang serat kawat bendrat terhadap hasil kuat tarik lentur, kemudian menganalisisnya.

3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6. Diagram alir.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan serat kawat bendorf pada SCC menurunkan nilai slump seiring dengan penambahan variasi panjang serat dan nilai T50 mengalami peningkatan sehingga dapat menurunkan tingkat kelecakan adukan SCC.
2. Pada pengujian kuat tekan beton tanpa serat, didapat nilai sebesar 34,26 MPa sedangkan kuat tekan beton serat kawat bendorf dengan variasi panjang 50 mm sebesar 36,48 MPa dengan kenaikan 7,55%, pada panjang 60 mm sebesar 34,72 MPa dengan kenaikan 1,34%, dan pada panjang 70 mm sebesar 34,60 MPa dengan kenaikan 1.01%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi panjang serat kawat bendorf tidak berpengaruh terhadap kuat tekan. Dimana terjadi penurunan nilai kuat tekan beton pada variasi panjang 60 mm dan 70 mm.
3. Pada pengujian kuat tarik belah beton tanpa serat, didapat nilai sebesar 3,25 MPa sedangkan kuat tekan beton serat kawat bendorf dengan variasi panjang 50 mm sebesar 3,27 MPa dengan kenaikan 0,51%, pada panjang 60 mm sebesar 3,28 MPa dengan kenaikan 0,85%, dan pada panjang 70 mm sebesar 3,42 MPa dengan kenaikan 5,27%. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tarik belah beton mengalami peningkatan seiring bertambahnya variasi panjang serat kawat bendorf namun tidak cukup signifikan dari beton normal. Dengan nilai kuat tarik belah beton tertinggi terjadi pada variasi panjang 70 mm dengan peningkatan sebesar 5,27%.
4. Pada pengujian kuat tarik lentur beton tanpa serat, didapat nilai sebesar 1,70 MPa sedangkan kuat tekan rata-rata beton serat kawat bendorf dengan variasi panjang 50 mm sebesar 1,97 MPa dengan kenaikan 15,99%, pada panjang 60 mm sebesar 2,44 MPa dengan kenaikan sebesar 43,98%, dan

pada panjang 70 mm sebesar 4,61 MPa dengan kenaikan 171,91%. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tarik lentur beton mengalami peningkatan seiring bertambahnya variasi panjang serat kawat bendrat. Dengan nilai kuat tarik lentur beton tertinggi terjadi pada variasi panjang 70 mm dengan peningkatan sebesar 171,91%.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, untuk penyempurnaan hasil penelitian dan pengembangan penelitian lebih lanjut dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pada saat membuat campuran adukan beton, kawat bendrat harus dimasukkan secara *random* dan perlahan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya gumpalan atau *balling* sehingga membuat tidak maksimalnya kemampuan pengikatan antar agregat.
2. Sebaiknya komposisi campuran beton dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) dan disimpan ditempat yang memiliki suhu tetap sehingga pengaruh penambahan serat kawat bendrat dalam campuran beton dapat dilihat dengan jelas terhadap nilai kuat tekan dan kuat tarik beton.
3. Pada saat proses pencetakan, benda uji harus dibuat padat dan serata mungkin agar tidak ada serat kawat bendrat yang terlihat pada permukaan benda uji sehingga kawat bendrat terhindar dari proses korosi.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544. 1993. Guide for Specificng, Proportioning, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete. Report: ACI 544.3R-93.
- ACI 116R-90. 2000. Cement and Conrete Terminology. American Concrete Institute. 58.
- ASTM C-39. 2003. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04. 02. United States.
- ASTM C 494-81. Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete. United States.
- 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.
- Ariatama, Ananta (2007). Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasai Diameter Serat. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Foermansah, Rony., 2013. Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Kawat Bendrat Berbentuk “Z” sebagai Bahan tambah. Jurnal Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah. Surakarta.
- Prijantoro, Johannes P.E., Wallah, S.E., Dapas, S.O., 2018. Perilaku Mekanis Beton Serat dengan Kombinasi Kawat Bendrat dan Dramix 3D. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.12 Desember 2018 (1129-1136) ISSN: 2337-6732. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Okamura H, Ouchi M. 2003. *Self Compacting Concrete*. Journal of Advanced Concrete Technology. Vol. 1 No. 1. Japan.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. SNI 1974-2011. Badan Standarnisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Badan Standarnisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-2491-2002. Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton. Badan Standarnisasi Nasional. Bandung.

- SNI 4331. 2011. Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan. Badan Standarnisasi Nasional. Jakarta.
- Nugraha, Ikhsan Dwipayana. 2018. Studi Karakteristik Beton Serat Kawat Bendrat. Universitas Hassanudin, Sulawesi Selatan.
- Suprihatin, Nur. 2013. Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Kawat Bendrat Berbentuk “W” sebagai Bahan Tambah. Jurnal. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah. Surakarta.
- Sukoyo. 2011. Peningkatan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton dengan Penambahan Fiber Baja. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil. Politeknik Negeri Semarang. Semarang.
- Faizah. P. N. 2017. Perbandingan Pengaruh Penambahan Serat Bendrat Lurus (*Straight*) dengan Serat Bendrat Berkait (*Hooked*) terhadap Perilaku Beton dengan Beban Tekan Berulang. Jurnal. Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Hafizh S.G.A., Rommel, E., and Prasetyo, L. 2015. Pengaruh Pemberian Jumlah dan Rasio (L/D) Serat Bendrat terhadap Sifat Mekanik Beton. Media Teknik Sipil. 13(1).
- Tambunan, R., dan Priyono, B.S. 2012. Peningkatan Kualitas Beton dengan Penambahan *Fiber* Bendrat. Jurnal Rancang Sipil. Volume 1 Nomor 1. Desember 2012. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Medan.
- Anggraeni, S.D. 2021. Analisis Perbandingan Pengaruh Campuran Kawat Bendrat dan Serat Baja pada *Self Compacting Concrete (SCC)*. Jurnal. Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Widodo, Aris. 2012. Pengaruh Penggunaan Potongan Kawat Bendrat pada Campuran Beton dengan Konsentrasi Serat Panjang 4 cm Berat Semen 350 kg/m³ dan FAS 0.5. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan. Nomor 2 Volume 14-Juli 2012. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.
- Tjokrodinuljo, K. 2007. Teknologi Beton. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Mariani, M., Sampebulu, V., dan Ahmad A.G. 2009. Pengaruh Penambahan *Admixture* terhadap Karakteristik *Self Compacting Concrete (SCC)*. SMARTek. 7(3).
- Zhafira, A.U. 2017. Studi Eksperimental Pengujian Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Lentur pada Campuran Beton dengan Penambahan Serat Kawat Bendrat Berkait. Jurnal. Fakultas Teknik Universitas Lampung.