

**ANALISIS PERBANDINGAN PENGARUH CAMPURAN
KAWAT BENDRAT DAN SERAT BAJA PADA *SELF
COMPACTING CONCRETE* (SCC)**

(Skripsi)

Oleh

**SYLVIA DEWI ANGGRAENI
(1715011081)**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN PENGARUH CAMPURAN KAWAT BENDRAT DAN SERAT BAJA PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

Oleh

Sylvia Dewi Anggraeni

Self compacting concrete (SCC) adalah suatu inovasi beton yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan pada saat pengecoran yang tidak memerlukan pemadatan manual meskipun pada tempat-tempat yang sulit dijangkau seperti pada tulangan rapat. Pada penelitian ini menggunakan serat baja 3D Dramix dan kawat bendrat sebagai campuran dalam SCC dengan volume fraksi 0%, 0,5%, 1%, 1,5%. Penambahan serat ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kedua serat tersebut pada SCC terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat tarik lentur. Sampel penelitian ini adalah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah sedangkan kuat tarik lentur menggunakan sampel balok dengan ukuran 100x100x400 mm. Semua sampel benda uji ini dilakukan pengujian saat beton berumur 28 hari. Peningkatan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada penambahan serat baja 1,5% berturut-turut adalah 26,39%, 64,71% dan 111,88% terhadap beton dengan 0% serat. Sedangkan peningkatan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada penambahan kawat bendrat 1,5% berturut-turut adalah 20,31%, 60,74% dan 76,18% terhadap beton dengan 0% serat.

Kata Kunci: *Self Compacting Concrete*, SCC, Kawat Bendrat, Serat Baja.

ABSTRACT

COMPARISONAL ANALYSIS OF THE EFFECT MIXED BENDRAT WIRE AND STEEL FIBER ON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

By

Sylvia Dewi Anggraeni

Self compacting concrete (SCC) is a concrete innovation that is carried out to overcome problems during casting that does not require manual compaction even in hard-to-reach places such as tight reinforcement. In this study, 3D Dramix steel fibers and bendrat wire were used as a mixture in SCC with volume fractions of 0%, 0.5%, 1%, 1.5%. The addition of this fiber aims to determine the effect of the two fibers on SCC on compressive strength, split tensile strength and flexural tensile strength. The sample in this study was a cylinder with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm for testing the compressive strength and split tensile strength while the flexural tensile strength used a beam sample with a size of 100x100x400 mm. All samples of these specimens were tested when the concrete was 28 days old. The increase in the value of compressive strength, split tensile strength and flexural strength at the addition of 1.5% steel fiber were 26.39%, 64.71% and 111.88% respectively for concrete with 0% fiber. While the increase in compressive strength, split tensile strength and flexural strength with the addition of 1.5% bendrat wire was 20.31%, 60.74% and 76.18% for concrete with 0% fiber, respectively.

Keyword: Self Compacting Concrete, SCC, Bendrat Wire, Steel Fiber

**ANALISIS PERBANDINGAN PENGARUH CAMPURAN
KAWAT BENDRAT DAN SERAT BAJA PADA *SELF
COMPACTING CONCRETE* (SCC)**

Oleh

**SYLVIA DEWI ANGGRAENI
(1715011081)**

(Skripsi)

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

Pada

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



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **ANALISIS PERBANDINGAN PENGARUH
CAMPURAN KAWAT BENDRAT DAN
SERAT BAJA PADA *SELF COMPACTING
CONCRETE* (SCC)**

Nama Mahasiswa : **Sylvia Dewi Anggraeni**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715011081

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik



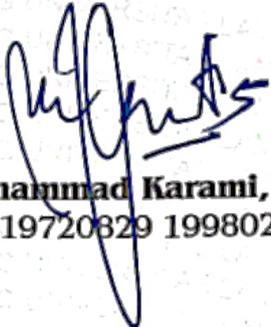
MENYETUJUI
1. Komisi Pembimbing


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 Teknik Sipil

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil

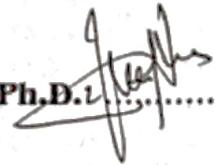

Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19720829 199802 1 001


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

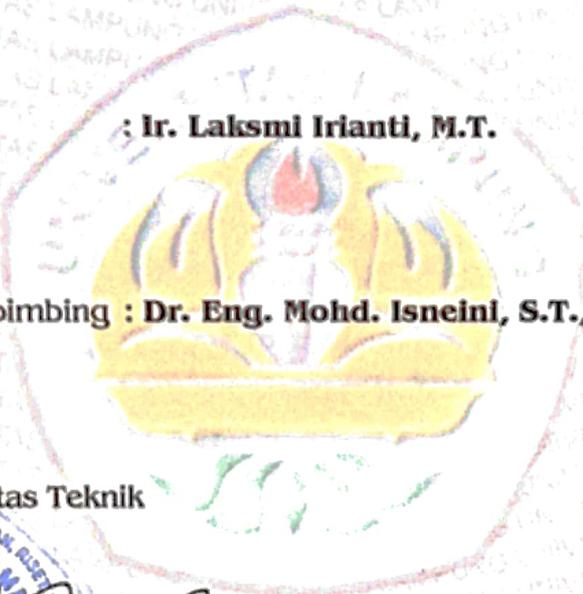
Ketua : Vera A. Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D......



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



Penguji Bukan Pembimbing : Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T......



2. Dekan Fakultas Teknik


Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ✕
NIP 19750928 200112 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 April 2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi saya yang berjudul "*Analisis Perbandingan Pengaruh Campuran Kawat Bendrat dan Serat Baja pada Self Compacting Concrete (SCC)*" adalah bagian dari penelitian Ibu Vera Agustriana Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D. mengenai pengaruh serat baja terhadap beton.
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,

2022

Mengetahui,
Dosen Pembimbing Skripsi



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

Mahasiswa



Sylvia Dewi Anggraeni
NPM. 1715011081

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di kota Tangerang, pada tanggal 17 Juni 1999, merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan ayah Ignatius Lilik Siswanto dan Ibu Veronika Tulus Budi Utami. Penulis memiliki seorang kakak perempuan bernama Anastasia Puspa Andini dan dua orang adik bernama Laurensia Leli Gayatri dan Maria Risa Listyanti.

Penulis menempuh pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Yustikarini dan diselesaikan pada tahun 2005, pendidikan tingkat dasar di SDS Sejahtera IV yang diselesaikan pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 28 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2014, dan pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMKN 2 Bandar Lampung dengan jurusan Teknik Gambar Bangunan dan diselesaikan pada tahun 2017. Penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur SBMPTN.

Penulis tercatat sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung sebagai anggota Kesekretariatan pada tahun 2018 sampai 2020 dan ikut serta menjadi sekertaris pelaksana acara “Civil Bring Revolution”. Penulis telah melakukan Kuliah Kerja Nyata di Kelurahan Kemiling Permai, Kecamatan Kemiling selama 40 hari Periode II. Dan sebagai bentuk pengaplikasian ilmu di bidang sipil, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT Alvin Akbar pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Kecamatan Tanjung Karang Timur terhitung 3 bulan dari.

Selama perkuliahan, penulis pernah ditunjuk untuk menjadi Asisten Teknologi Bahan dan Analisis Struktur I. Penulis mengambil tugas akhir skripsi dengan judul Analisis Perbandingan Pengaruh Penambahan Serat Baja dan Kawat Bendrat pada *Self Compacting Concrete (SCC)*.

MOTTO

“Perbanyak bersyukur, kurangi mengeluh. Buka mata, jembarkan telinga, perluas hati. Sadari kamu ada pada sekarang, bukan kemarin atau besok, nikmati setiap momen dalam hidup, berpetualanglah”

(Ayu Estiningtyas)

"Orang paling bijak itu boleh jadi paling banyak menelan kehidupan yang menyakitkan, tersakiti oleh sekitarnya. Tapi dia memilih menjadikannya pelajaran berharga”

(Tere Liye)

"Karakter sejati Anda paling akurat diukur dari bagaimana Anda memperlakukan mereka yang 'tidak bisa melakukan apa-apa' untuk Anda.”

(Bunda Theresa)

"Orang yang tak berpengalaman mendapat kebodohan, tetapi orang yang bijak bermahkotakan pengetahuan."

(Amsal 14:18)

"Selama Anda hidup, Anda akan menghadapi masalah. Tetapi Anda melayani Tuhan yang memecahkan masalah."

(John Hagee)

Persembahan

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, karena berkat dan kasihNya dapat kupersembahkan karya tulis ini sebagai buah karya ilmiahku dalam mencapai gelar Sarjana Teknik Universitas Lampung untuk:

Ayah dan Ibu tercinta yang karena doa dan dukungannya aku dapat menyelesaikan karya ini. Semoga kiranya keluarga kita selalu dapat menjadi berkat bagi sesama.

Mbak dan Adikku, serta seluruh keluarga besarku yang selalu ada dan tidak henti memberikan dukungan, motivasi dan selalu ada di saat dicobai dunia.

Bapak dan Ibu dosen yang banyak memberikan ilmu pengetahuan dan pelajaran hidup yang berharga.

Sahabat-sahabatku, teman-teman Teknik Sipil Universitas Lampung angkatan 2017 yang telah memberikan bantuan dan motivasinya selama masa perkuliahanku.

Almamater kebanggaanku Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, wawasan, dan mendewasakanku

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa, atas segala berkat dan penyertaannya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Perbandingan Pengaruh Campuran Kawat Bendrat dan Serat Baja Pada *Self Compacting Concrete* (SCC)” dengan tujuan memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak 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 sekaligus dosen pembimbing II atas segala arahan, saran dan kritik, serta dukungan yang diberikan selama penyusunan skripsi.
3. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Ibu Vera A. Noorhidana, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I atas segala arahan, masukan, ide-ide, bimbingan dan dukungan dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Dr. Eng. Mohd Isneini, M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan dukungan dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi S1 Teknik Sipil atas semua bekal ilmu pengetahuan dan kesempatan yang telah diberikan.
7. Seluruh teknisi dan karyawan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung yang telah memberikan bantuan serta dukungan selama penelitian skripsi.

8. Kedua orangtuaku yang tersayang, ibu Veronika Tulus Budi Utami dan ayah Ignatius Lilik Siswanto, atas segala nasihat, motivasi dan dukungan serta doa yang selalu diucapkan, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
9. Kakak dan adikku terkasih, mba puspa, lely dan risa yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan semangat yang tiada henti.
10. Sahabat-sahabat tercinta, Alfina Dwi Putri, Tri Ratna Utami, Nindya Nafisah Eldi Putri, Ika Mustika Cahya Asri dan Fegi Yusia Ranti yang tiada henti menyemangati, menemani, mendukung dan membantu selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
11. Partner penelitianku, Tri Ratna Utami, Netta Riana, Corry Jayaputri, Damas Novalda yang selalu menemani dan membantu selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
12. Teman-teman angkatan 2017 Teknik Sipil Universitas Lampung yang berjuang bersama dan menciptakan kenangan, pengalaman dan kebersamaan yang manis.
13. Adik-adik angkatan 2021 Teknik Sipil Universitas Lampung yang juga banyak membantu dalam penelitian skripsi ini.
14. Semua pihak lain yang selalu membantu

Penulis menyadari bahwa skripsi ini memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, April 2022
Penulis,

Sylvia Dewi Anggraeni

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
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	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Self Compacting Concrete</i>	6
2.2. Material Penyusun <i>Self Compacting Concrete</i>	9
2.3. Beton Serat.....	14
2.4. Sifat Mekanik Beton	17
2.5. Penelitian Sebelumnya	19
2.6. Prediksi Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur	22
III. METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1. Lokasi Penelitian.....	24
3.2. Persiapan Alat dan Bahan	24
3.3. Prosedur pelaksanaan.....	28
3.4. Diagram Alir Penelitian	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39

4.1. Umum.....	39
4.2. Pengujian <i>Workability</i> /Keleccakan.....	39
4.3. Pengujian Kuat Tekan Beton SCC.....	45
4.4. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC.....	50
4.5. Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton SCC.....	55
4.6. Prediksi Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur.....	60
V. KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN A (HASIL UJI BAHAN)	
LAMPIRAN B (<i>MIX DESIGN</i>)	
LAMPIRAN C (HASIL PENGUJIAN)	
LAMPIRAN D (FOTO PENELITIAN)	
LAMPIRAN E (SPESIFIKASI SERAT)	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1. <i>Slump-flow Test</i>	8
Gambar 2. 2. <i>L-Shape Box Test</i>	8
Gambar 2. 3. <i>V-funnel Test</i>	9
Gambar 2. 4. Perbandingan komposisi beton <i>self compacting concrete</i> dan beton konvensional (Okamura dan Ouchi, 2003).	9
Gambar 2. 5. Kawat bendrat gulungan.....	15
Gambar 2. 6. Bentuk-bentuk serat baja.....	16
Gambar 2. 7. Tipe serat baja Dramix.....	17
Gambar 3. 1. Serat baja setelah pemotongan (a), kawat bendrat setelah pemotongan (b).....	28
Gambar 3. 2. (a) Pengadukan material, (b) Pencetakan material.....	31
Gambar 3. 3. <i>Slump Flow Test</i> (a) , pengungkuran diameter (b).....	32
Gambar 3. 4. Perawatan beton.	33
Gambar 3. 5. Benda uji, perletakan dan pembebanan.....	35
Gambar 3. 6. Patah pada 1/3 bentang tengah (Persamaan 3).....	35
Gambar 3. 7. Patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada <5% dari bentang (Persamaan 4).....	36
Gambar 3. 8. Patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada >5% dari bentang.....	36

Gambar 3.9. Diagram Alir	38
Gambar 4. 1. Grafik hubungan antara volume fraksi serat dengan <i>slump flow</i> beton SCC.....	41
Gambar 4. 2. Pengujian <i>slumpflow</i> dan T50 beton SCC, tanpa serat (a), dengan campuran serat baja (b), campuran kawat bendrat (c).....	42
Gambar 4. 3. Grafik hubungan antara <i>volume fraction</i> serat dan T50.....	44
Gambar 4. 4. Grafik hubungan antara volume fraksi serat dengan hasil pengujian kuat tekan beton SCC	46
Gambar 4. 5. Pengujian kuat tekan beton	49
Gambar 4. 6. Benda uji (a) tanpa serat, (b) campuran serat baja, (c) campuran kawat bendrat, setelah pengujian kuat tekan	49
Gambar 4. 7. Grafik hubungan antara volume fraksi serat dan nilai kuat tarik belah SCC.	51
Gambar 4. 8. Pengujian kuat tarik belah beton	54
Gambar 4. 9. Benda uji (a) tanpa serat, (b) campuran serat baja, (c) campuran kawat bendrat, setelah pengujian kuat tarik belah beton.	54
Gambar 4. 10. Grafik hubungan antara volume fraksi serat dengan kuat tarik lentur beton SCC.....	56
Gambar 4. 11. Pengujian kuat tarik lentur	58
Gambar 4. 12. Benda uji (a) tanpa serat, (b) campuran serat baja, (c) campuran kawat bendrat, setelah pengujian kuat tarik lentur.	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1. Data Hasil Pemeriksaan Material.....	29
Tabel 3. 2. Data Kebutuhan Material Untuk 1m ³	30
Tabel 3. 3. Data Jumlah Benda Uji Campuran Serat Baja 3D Dramix.....	31
Tabel 4. 1. Data Hasil Pengujian <i>Slumpflow</i> SCC	40
Tabel 4. 2. Data Hasil Pengujian T50 cm pada SCC	43
Tabel 4. 3. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan beton SCC pada umur 28 hari	46
Tabel 4. 4. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC pada umur 28 Hari	51
Tabel 4. 5. Tabel Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton SCC pada Umur 28 Hari.....	56
Tabel 4. 6. Hasil Perbandingan Beton SCC Campuran Serat Baja Karbon dengan Menggunakan Rumus Prediksi.....	61
Tabel 4. 7. Hasil Perbandingan Beton SCC Campuran Kawat Bendrat dengan Menggunakan Rumus Prediksi.....	61

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan bahan komposit yang terdiri dari campuran semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Beton sering digunakan dalam pekerjaan konstruksi karena memiliki kemampuan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan, ketahanan terhadap gaya tekan dan memerlukan perawatan yang mudah. Pada saat pengecoran, beton normal biasanya memerlukan bantuan pemadatan untuk celah-celah tulangan dari alat lain seperti *vibrator*. *Vibrator* merupakan alat yang dimasukkan ke dalam beton segar yang kemudian masuk ke dalam celah-celah sempit untuk menghilangkan rongga-rongga udara sehingga didapat beton yang padat, namun seringkali pemadatan beton tidak menghasilkan beton yang baik apalagi pada celah-celah sempit yang sulit dijangkau. Untuk permasalahan tersebut, salah satu inovasi yang dilakukan pada beton adalah dengan menggunakan *Self Compacting Concrete* (SCC) yang sering juga dikenal sebagai beton alir.

SCC adalah beton yang mampu mengalir melalui tulangan dan mengisi seluruh ruang dalam cetakan tanpa memerlukan pemadatan manual atau getaran mekanik (Wihardi et.al 2006). Beton SCC yang baik harus tetap homogen, kohesif, tidak terjadi segregasi, *blocking*, dan *bleeding*. *Slumpflow* untuk beton SCC berkisar antara 550-850 mm. Komposisi SCC hampir sama seperti beton konvensional, hanya saja menggunakan tambahan zat *admixture* seperti *superplasticizer* sebagai bahan tambahan yang dapat mengalirkan beton, selain itu agregat halus digunakan lebih banyak pada SCC dan agregat kasar yang digunakan pada beton SCC ini memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan beton normal.

Okamura & Ouchy (2003), mengemukakan bahwa salah satu solusi untuk memperoleh struktur beton yang memiliki ketahanan yang baik adalah dengan menggunakan SCC (*Self Compacting Concrete*). Beton memiliki kelemahan terhadap gaya tarik, oleh karena itu beton serat dapat dimanfaatkan untuk mengatasi kelemahan tersebut. Mc.Cormac (2004) juga mengatakan bahwa suatu tulangan hanya memberikan kekuatan pada arah tulangan saja, sedangkan serat dapat menyebarkan secara acak kekuatannya ke segala arah. Banyak serat yang dapat digunakan sebagai campuran bahan untuk beton seperti serat baja, serat plastik (*polypropylene*), serat kaca, dan serat batu bata.

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa penambahan serat pada jumlah yang tepat (normalnya sampai sekitar 1-5% volume) ke dalam beton normal dapat meningkatkan kekuatan tarik beton secara signifikan (Sudarmoko, 1991). Kuat tekan beton bertulang serat tidak memiliki perbedaan yang signifikan dari beton bertulang yang tidak memakai serat. Meskipun demikian, beton dengan penambahan serat memiliki daya tahan yang lebih tinggi terhadap retak dan tumbukan.

(Luvena et al, 2017) melakukan penelitian dengan menambahkan serat baja pada *Self Compacting Concrete* dengan diameter serat 0,75, panjang 60 mm dan variasi penambahan 0%, 0,5%, 0,75%, 1%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa seiring penambahan variasi serat baja akan menurunkan *workability* beton segar SCC mutu tinggi. Hasil rerata pengujian kuat tekan dan ketahanan kejutan 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, 24, 25, serta 27 pukulan hingga beton runtuh total.

Nugraha (2018) menyimpulkan bahwa penambahan serat kawat benang 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%.

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan *Self Compacting Concrete* dengan campuran kawat bendrat dan beton *Self Compacting Concrete* dengan campuran serat baja 3D Dramix. Serat baja 3D Dramix dinilai memiliki kekuatan terhadap gaya tarik yang besar sehingga dapat menjadi solusi kekurangan *Self Compacting Concrete* yang memiliki kelemahan terhadap tarik. Begitu juga dengan kawat bendrat, selain harganya yang murah dan mudah didapat karena sering digunakan oleh pekerja untuk mengikat tulangan, kawat bendrat memiliki ketahanan terhadap gaya tarik yang tidak kalah dengan serat baja lainnya.

Kawat bendrat sendiri memiliki kuat tarik sebesar 38,5 MPa, perpanjangan saat putus 5,5 % dan bila dibandingkan dari segi harga kawat bendrat lebih murah dari harga kawat baja sehingga kawat bendrat sangat potensial digunakan dalam penambahan kepada beton (Hafiz, 2015). Sedangkan serat baja 3D Dramix memiliki kekuatan tarik sebesar 1225-1325 MPa.

Banyak penelitian yang telah dibuat tentang serat sebagai bahan campuran untuk beton *Self Compacting Concrete* ini, namun belum ada yg membuat penelitian dengan membandingkan kedua serat, yaitu serat baja 3D Dramix dan kawat bendrat. Dikarenakan masih belum adanya penelitian lebih lanjut tentang perbandingan kedua bahan serat tersebut, oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan terhadap kekuatan antara kawat

bendrat dan serat baja 3D Dramix sebagai bahan pencampur pada beton *Self Compacting Concrete*. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi masukan ataupun bahan pertimbangan para perencana struktur maupun para praktisi beton di lapangan yang ingin memperoleh struktur beton serat yang baik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan serat baja karbon 3D Dramix terhadap kuat tekan, kuat tarik lentur dan kuat tarik belah *Self Compacting Concrete*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan kawat bendrat terhadap kuat tekan, kuat tarik lentur dan kuat tarik belah *Self Compacting Concrete*?
3. Bagaimana perbandingan antara *Self Compacting Concrete* campuran kawat bendrat dengan *Self Compacting Concrete* campuran serat baja 3D Dramix?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka diperlukan tujuan masalah untuk menjawab rumusan masalah yang terjadi. Tujuan Penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis pengaruh penambahan serat baja karbon 3D Dramix pada *Self Compacting Concrete* terhadap sifat mekanis beton.
2. Untuk menganalisis pengaruh penambahan kawat bendrat pada *Self Compacting Concrete* terhadap sifat mekanis beton.
3. Untuk memberikan perbandingan antara pengaruh penambahan kawat bendrat dan pengaruh penambahan serat baja 3D *Dramix* pada *Self Compacting Concrete*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Material yang digunakan adalah agregat kasar yang berasal dari Tanjungan, agregat halus yang berasal dari Gunung Sugih, semen Portland, dan *superplasticizer*.
2. Serat yang digunakan adalah kawat bendrat dan serat baja 3D Dramix dengan variasi serat 0%, 0,5%, 1% dan 1,5%.
3. Perencanaan dan perhitungan *Mix Design* dilakukan dengan menggunakan *The British Mix Design Method*.
4. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada *Self Compacting Concrete* berumur 28 hari.
5. Benda uji akan dibuat sebanyak 63 buah, 39 benda uji silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan 24 benda uji balok berukuran 100x100x400 mm.
6. Dalam pengujian material dilakukan sesuai dengan acuan ASTM dan untuk pengujian beton dilakukan berdasarkan standar EFNARCH, JSCE dan SNI.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat pada penelitian ini adalah:

1. Diharapkan dapat menambah wawasan tentang pemanfaatan serat baja 3D Dramix pada Beton *Self Compacting Concrete*.
2. Diharapkan dapat menambah wawasan tentang pemanfaatan kawat bendrat pada campuran *Self Compacting Concrete*.
3. Diharapkan dapat memberikan wawasan tentang perbandingan antara kedua serat tersebut untuk dijadikan struktur yang baik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Self Compacting Concrete*

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidraulik, agregat kasar, agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 2847, 2013). Beton merupakan suatu struktur yang sering digunakan pada proyek konstruksi, beton memiliki sifat yang mudah dibentuk dan memiliki kuat tekan yang dapat kita rencanakan sendiri. Selain itu, beton juga mempunyai *durability* yang baik namun beton memiliki kuat tarik belah yang rendah sehingga beton mudah retak. *Self Compacting Concrete* adalah suatu inovasi dalam teknologi konstruksi yang merupakan beton dengan kemampuan untuk memadat sendiri dengan mengandalkan beratnya sendiri terhadap gaya gravitasi dengan menggunakan tambahan cairan kimia seperti *superplasticizer*.

Self Compacting Concrete ini pertama kali diperkenalkan di Jepang pada tahun 1990-an oleh Okamura sebagai upaya mengatasi permasalahan pada pengecoran beton. *Self Compacting Concrete* dapat mengisi celah-celah antar tulangan yang sulit dijangkau beton normal tanpa mengalami segregasi (Hadi, dkk 2021). Sebuah beton dapat dikategorikan sebagai beton SCC (*Self Compacting Concrete*) apabila merupakan beton segar dengan nilai *workability* yang tinggi dan mampu mengalir tanpa mengalami segregasi serta tidak memerlukan pemadatan mekanik selama proses pengecoran. SCC umumnya memiliki nilai *slump flow* yang berkisar antara 550-850 mm. Karakteristik *workability* yang tinggi tersebut menjadi penentu sifat beton SCC dapat menyebar memenuhi bekisting dan menutup pembesian secara gravitasi tanpa memerlukan pemadatan.

Pada komposisi penyusunnya beton SCC ada beberapa perbedaan dengan beton normal pada umumnya. Dilihat dari ukuran dan kualitas pun berbeda. Pada SCC ini juga ditambahkan bahan *superplasticizer*. Beton memadat sendiri seperti halnya beton konvensional memiliki sifat alami yang getas dan untuk mengatasi masalah ini serat dapat dijadikan solusinya.

2.1.1. Kelebihan *Self Compacting Concrete*

Self Compacting Concrete yang juga disebut beton alir (*Flowing Concrete*) memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan beton konvensional, antara lain:

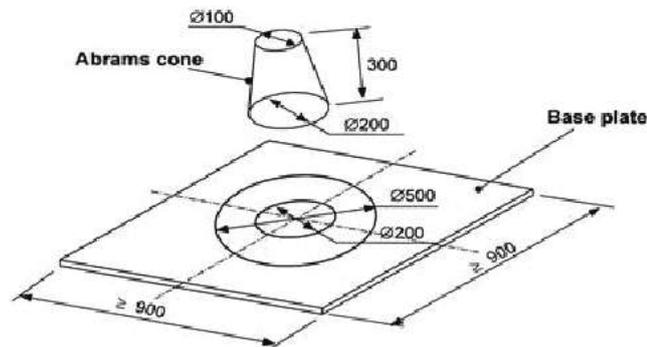
1. Sangat encer, bahkan dengan campuran bahan aditif tertentu dapat mempertahankan *slump* tinggi dalam jangka waktu lama.
2. Tidak memerlukan *vibrator* atau alat penggetar
3. Lebih homogen dan stabil
4. Dapat digunakan sebagai beton mutu tinggi bahkan sangat tinggi karena kekuatannya
5. Lebih kedap dan porositas yang kecil
6. Mengalami susut yang lebih rendah
7. Karena tidak menggunakan penggetaran manual, lebih rendah polusi suara saat pelaksanaan pengecoran dan juga menghemat biaya pelaksanaan.

2.1.2. Karakteristik *Self Compacting Concrete*

Berdasarkan spesifikasi SCC dari EFNARC (2005), beton segar dapat dispesifikasikan sebagai beton SCC apabila sesuai dengan kriteria sebagai berikut, yaitu :

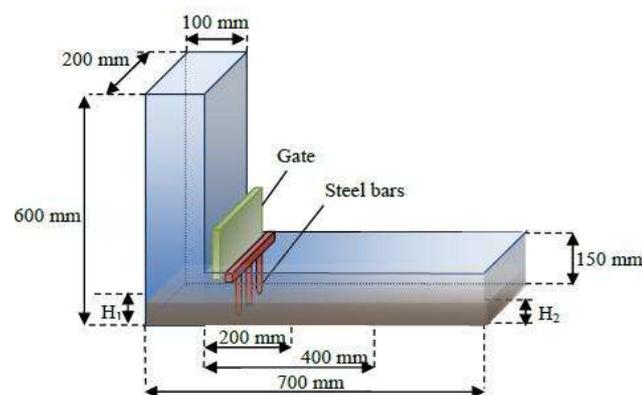
- a) *Filling ability*, adalah kemampuan beton dalam mengalir dan mengisi keseluruhan cetakan dengan mengandalkan beratnya sendiri. Dengan dilakukannya *slump-flow test* yang menggunakan kerucut abrams yang dibalik, maka dapat ditentukan *filling ability* pada SCC serta kondisi workabilitas beton berdasarkan kemampuan beton segar yang menyebar dan dinyatakan dalam

besaran diameter yaitu antara 55-85 cm. Pengujian *slump flow* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. *Slump-flow Test*.

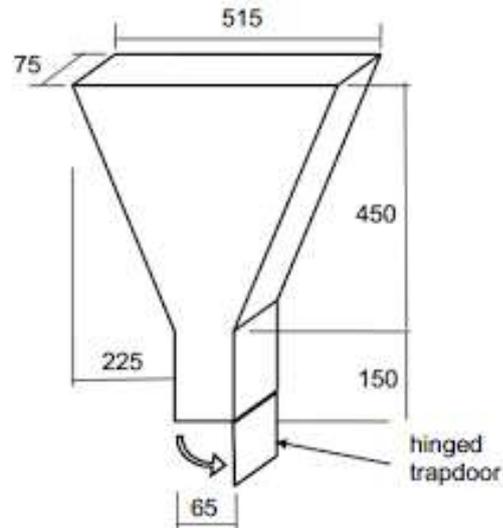
b) *Passing ability*, adalah kemampuan beton SCC untuk mengalir melalui celah-celah sempit antar besi tulangan pada cetakan tanpa menimbulkan segregasi atau *blocking*. Untuk menentukan “*passing ability*” dari beton SCC, digunakan alat uji yaitu *L-Shape box*. Dengan *L-shape box test* akan didapatkan nilai *blocking ratio*, yaitu nilai yang didapat dari perbandingan H_2/H_1 . Semakin besar nilai *blocking ratio*, berarti semakin baik kemampuan beton tersebut mengalir dengan viskositas tertentu. Untuk kriteria beton SCC nilai *blocking ratio* berkisar antara 0,8–1,0. Pengujian *L-Shape Box* dilakukan seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2. *L-Shape Box Test*.

c) *Segregation resistance*, adalah kemampuan beton SCC untuk menjaga tetap dalam keadaan komposisi yang homogen selama

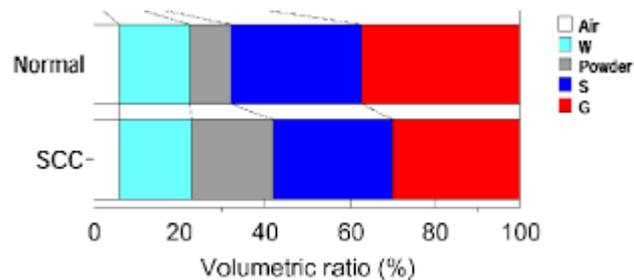
waktu transportasi sampai pada pengecoran. *V-Funnel test* digunakan untuk mengukur viskositas beton SCC dan sekaligus mengetahui “*segregation resistance*”. Kemampuan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut diujung bawah alat ukur *V-funnel* diukur dengan besaran waktu antara 3–15 detik. Pengujian *V-funnel* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3. *V-funnel Test*.

2.2. Material Penyusun *Self Compacting Concrete*

Pada penelitian yang dilakukan Okamura dan Ouchi (2003), dilakukan perbandingan proporsi bahan penyusun antara beton konvensional dengan *Self Compacting Concrete*.



Gambar 2. 4. Perbandingan komposisi beton *self compacting concrete* dan beton konvensional (Okamura dan Ouchi, 2003).

Dari Gambar 2.4, dapat dilihat bahwa bahan penyusun SCC memiliki perbedaan dengan beton konvensional pada volume yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya komposisi powder pada SCC jauh lebih banyak dari semen pada beton konvensional. Powder pada beton SCC dapat berupa semen dan bahan tambah lainnya yang berupa pengikat atau pengisi. Sedangkan komposisi agregat kasar pada beton SCC lebih sedikit dibandingkan dengan beton konvensional.

2.2.1 Agregat

Agregat merupakan komponen yang paling penting pada beton SCC. Berbeda dengan beton konvensional, pada SCC lebih banyak menggunakan agregat halus dibandingkan pada beton konvensional. Selain itu untuk agregat kasar digunakan ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan beton konvensional. Agregat inilah yang dapat mengurangi permeabilitas dan porositas pada beton alir atau SCC. Agregat yang baik adalah agregat yang memiliki gradasi optimum (tak seragam/memiliki semua ukuran). Agregat dibedakan menjadi 2, yaitu agregat kasar (split) dan agregat halus (pasir):

a) Agregat Kasar

Pada *Self Compacting Concrete* ada yang perlu diperhatikan dalam penyusunan agregat kasarnya, antara lain:

1. Agregat ringan dapat digunakan dalam penyusunan beton SCC ini, namun apabila kekentalan pasta rendah agregat dapat mengapung di permukaan.
2. Ukuran maksimum agregat adalah 12-20 mm, dengan ukuran ini diharapkan tidak terjadi *blocking* agregat pada saat pengaliran SCC.
3. Agregat yang memiliki permukaan lebih bulat dapat mengurangi terjadinya *blocking* dan mengurangi gesekan internal sehingga dapat mempercepat pengaliran.

b) Agregat Halus

Persyaratan agregat halus juga hampir sama dengan beton konvensional, hanya saja kandungan agregat halus dan ukuran agregat halusnya lebih kecil/lebih halus dibandingkan dengan beton konvensional. Pasir yang digunakan harus terbebas dari lumpur, bahan organik dan kotoran (sampah) serta memenuhi komposisi butir dan kekerasan sesuai syarat. Semua jenis agregat halus normal dapat digunakan untuk SCC termasuk untuk pasir *crushed shape* maupun *rounded shape* (EFNARC, 2002).

2.2.2 Semen Portland

Pada penyusunan beton *Self Compacting Concrete* dapat digunakan tipe jenis semen apapun tergantung kebutuhannya sendiri. Adapun jenis-jenis semen portland adalah sebagai berikut:

a) Tipe 1 (*Ordinary Portland Cement*)

Semen tipe ini adalah semen yang biasanya paling mudah ditemukan di pasaran. Semen jenis ini tidak ada persyaratan khusus seperti tipe semen lainnya. Dikarenakan semen tipe ini sudah mulai jarang ditemukan, maka seringkali digantikan dengan semen pozolan PCC ataupun PPC.

b) Tipe 2 (*Moderate Sulfat Resistance*)

Pada semen Portland ini dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang. Semen tipe ini biasanya digunakan pada daerah tertentu dimana proses hidrasinya rendah seperti bendungan, dermaga dan landasan berat.

c) Tipe 3 (*High Early Strength*)

Beton yang dibuat dengan menggunakan semen Portland tipe ini dapat mencapai kekuatan yang sama pada waktu 24 jam dengan kekuatan yang beton dengan semen Portland tipe 1 pada umur 3 hari, dan pada umur 7 hari semen Portland tipe 3 ini kekuatannya dapat setara dengan beton yang menggunakan semen portland tipe 1 pada umur 28 hari

d) Tipe 4 (*Low Heat of Hydration*)

Semen Portland jenis ini memerlukan panas hidrasi rendah dalam penggunaannya. Semen ini sering digunakan untuk struktur *Concrete* (beton) yang *massive* dan dengan volume yang besar, seperti dam, bendungan dan lapangan udara.

e) Tipe 5 (*Sulfat Resistance Cement*)

Semen Portland ini memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Semen ini cocok digunakan pada daerah yang air dan tanahnya mengandung garam sulfat tinggi seperti : air laut, air payau, daerah tambang, dsb.

2.2.3 *Superplasticizer*

Superplasticizer yang merupakan bahan tambah (*admixture*) adalah material selain air, agregat dan semen yang digunakan dalam beton ataupun mortar yang ditambahkan dalam adukan selama pengadukan dilakukan (ACI 116R, 2000). Penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton dapat meningkatkan *workability* dan mengurangi faktor air semen agar mendapatkan kekuatan awal yang besar (Sugiharto, 2006). *Superplasticizer* dapat meningkatkan konsistensi pasta semen sehingga pasta semen dapat mengikat agregat dengan kuat dan beton mampu mengalir tanpa mengalami segregasi.

Menurut ASTM C494-82, ada 7 jenis klasifikasi *superplasticizer*:

a) 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.

b) 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.

c) 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.

d) Tipe D : *Water Reducer Retarder (WRR)*

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

e) Tipe E : *Water Reducer Accelerator*

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

f) Tipe F : *High Range Water Reducer (Superplasticizer)*

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

g) 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 beton SCC akan menghasilkan nilai *slump flow test* tinggi tetapi tidak baik digunakan karena dapat menurunkan nilai kuat tekan beton SCC (Gumalang, Wallah, dan 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

Beton serat (*fiber reinforced concrete*) menurut ACI Commite adalah konstruksi beton dengan bahan susun semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat. Serat-serat yang dapat digunakan antara lain adalah serat asbestos, serat plastik (*poly-propylene*), serat kaca (*glass*), serat kawat baja, serat tumbuh-tumbuhan seperti: rami, sabut kelapa, bambu, ijuk (Trimulyono, 2004). Penggunaan serat dapat meningkatkan kuat tarik dan mencegah retak, mengurangi lendutan, meningkatkan kuat *impact* serta mengurangi susut. Beton serat merupakan suatu campuran beton dengan tambahan serat untuk menambah kekuatan beton tersebut.

Ada dua macam serat yang dapat digunakan sebagai campuran beton, yaitu serat alam dan serat buatan. Serat alam misalnya serat ijuk, serat bambu, serat jerami, serabut kelapa, sedangkan serat buatan misalnya adalah serat baja, serat sintetik dan serat kaca. Dengan adanya penambahan serat ternyata beton menjadi lebih tahan terhadap retak. Penelitian yang dilakukan Sudarmoko (1991) menyimpulkan bahwa kehadiran serat (*fiber*) pada beton akan menaikkan kekakuan dan mengurangi lendutan (defleksi) yang terjadi. Pada penelitian ini dilakukan penelitian terhadap serat kawat bendrat dan terhadap serat baja 3D Dramix.

a. Serat Kawat Bendrat

Kawat bendrat adalah kawat yang selama ini banyak digunakan sebagai pengikat antara tulangan besi memanjang dan tulangan geser (sengkang). Pada penelitian (Hafiz, 2015) digunakan kawat bendrat karena kawat bendrat mempunyai kuat tarik sebesar $38,5 \text{ N/mm}^2$, perpanjangan saat putus 5,5 % dan berat jenis 6,68. Apabila dibandingkan dari segi harga kawat bendrat lebih murah dibandingkan harga serat baja 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.



Gambar 2. 5. Kawat bendrat gulungan

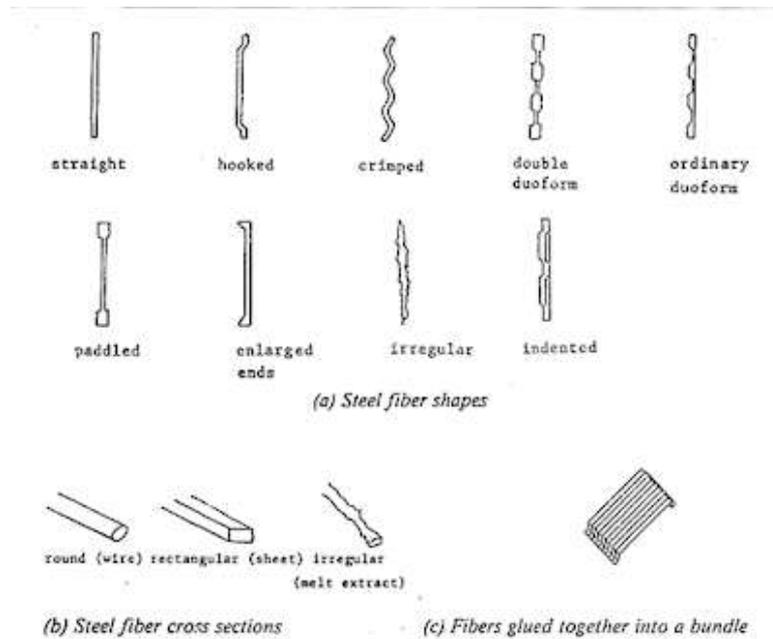
b. Serat Baja

Penambahan serat baja hingga dosis tertentu pada campuran beton telah terbukti dapat menaikkan nilai kuat tarik beton tersebut. Namun penambahan serat baja yang terlalu banyak dapat menyebabkan kinerja serat menjadi kurang maksimal dan dapat berakibat pada turunnya nilai kuat tarik maupun kuat tekan beton serat. Penurunan nilai kuat tekan maupun kuat tarik ini banyak dijumpai di berbagai penelitian. Penambahan serat pada beton mengakibatkan beban tarik yang timbul akan dilawan oleh gaya lekatan antara beton dengan serat sehingga terjadi peralihan perlawanan tegangan tarik dari beton ke serat. Beton serat akan mengalami kegagalan apabila kuat lekat terlampaui dan terjadi proses cabut (*pull out*).

Menurut Saifudin (2015), peningkatan kemampuan menahan beban tarik beton serat berasal dari kumulatif gaya perlawanan ikatan beton serat tunggal terhadap tegangan tarik. Penambahan serat pada beton akan menjadikan beton mengalami peningkatan sifat struktural yang dipengaruhi oleh orientasi penyebaran serat (*fiber dispersion*), lekatan pada alur retakan, panjang tertanam serat yang tidak teratur (*random*). Adanya serat dalam campuran beton menyebabkan mekanisme secara

bertahap mulai dari saat retakan matrik (*matrix cracking*), pelepasan ikatan pada permukaan serat/matrik (*fiber/matrix debonding*), aksi serat yang mengikat sekelilingnya (*fiber bridging*), proses cabut (*pull out*), dan keruntuhan serat (*fiber failure*).

Berbagai bentuk serat baja yang dapat digunakan sebagai campuran untuk beton serat adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 6. Bentuk-bentuk serat baja.

Serat baja yang digunakan pada penelitian ini adalah serat baja dengan bentuk *Hooked* yang berasal dari serat baja *Dramix*. *Dramix steel fiber* adalah fiber baja yang diproduksi melalui proses penarikan dingin (*cold drawn*) dengan lekukan diujung yang akan memberikan pengikatan yang optimal. Serat baja *Dramix* menyediakan 3 tipe serat baja, antara lain:

1. Serat baja 3D

Serat baja 3D *Dramix* ini memiliki dengan aspek rasio 80, memiliki ukuran panjang 60 mm dan diameter 0,75 mm. Serat baja 3D *Dramix* ini memiliki kekuatan tarik 1225-1325 MPa.

2. Serat baja 4D

Serat baja 4D Dramix memiliki aspek rasio 65 dengan panjang 60 mm dan diameter 0,90 mm. Serat tipe ini memiliki kekuatan terhadap tarik sebesar 1500 MPa.

3. Serat baja 5D

Serat baja 5D Dramix ini memiliki aspek rasio 65 dengan panjang 60 mm dan diameter 0,90 mm. Serat baja 5D Dramix ini memiliki kekuatan terhadap tarik sebesar 2300 Mpa.



Gambar 2. 7. Tipe serat baja Dramix.

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 Beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton dalam menerima gaya per satuan luas beton. Menurut peraturan beton di Indonesia (SNI 2847-2013), kuat tekan beton (f_c') adalah kuat tekan silinder beton yang 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.

Selama 28 hari silinder beton ini biasanya ditempatkan pada ruangan yang memiliki temperatur tetap dan kelembapan 100%. Nilai kuat tekan beton didapatkan dari pengujian standar yang menggunakan mesin uji dengan memberikan beban tekan konstan pada benda uji silinder beton

hingga hancur. 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).

Kuat tekan beton dapat dicari dengan rumus :

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

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

Perilaku beton pada saat pengujian kuat tarik berbeda dengan perilaku beton pada pengujian kuat tekan. 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.

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

Dimana:

f_t = Kuat tarik belah beton (MPa)

P = Beban maksimum yang diberikan (kN)

Ls = Tinggi silinder (mm)

D = Diameter silinder (mm)

2.4.3. Kuat Tarik Lentur

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 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

Banyak penelitian yang telah dibuat tentang serat sebagai bahan campuran untuk beton *self compacting concrete* ini, namun belum ada yang membuat penelitian dengan membandingkan kedua serat, yaitu serat baja karbon dan kawat bendrat. Beberapa penelitian tersebut antara lain:

- a) Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Hafiz (2015) pada studi pengaruh pemberian jumlah dan rasio (L/D) kawat bendrat terhadap sifat mekanik beton konvensional didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :
1. Kuat tekan beton memperlihatkan bahwa penambahan serat pada campuran beton mengakibatkan terjadinya penurunan kuat tekan. Bahwa rasio dan jumlah persentase yang paling baik untuk menghasilkan kuat tekan adalah pada rasio 37,5 dan jumlah serat sebanyak 3 % dengan nilai kuat tekan sebesar 26,89 MPa.
 2. Kuat tarik belah pada beton memperlihatkan bahwa jumlah serat dan panjang serat mempengaruhi nilai kuat tarik beton. Penggunaan serat bendrat akan meningkatkan kuat tarik pada pemakaian serat yang pendek dengan rasio L/d=12,5 dimana kuat tarik terbesar diperoleh pada pemakaian 3% serat bendrat dengan kuat tarik mencapai 2,41 MPa atau meningkat dua kali dari beton tanpa serat.
 3. Pola runtuh pada beton dengan penambahan serat bendrat pada pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton dan kuat geser beton menunjukkan bahwa serat bendrat mampu menahan benda uji beton tersebut untuk tidak langsung hancur pada waktu pengujian.

- b) Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wendi, Mufti, Indra (2020) dengan menggunakan kawat bendrat yang dicampur pada beton normal dengan variasi 0%, 0,5%, 0,75%, 1% dan 1,25% didapatkan Kuat tekan beton maksimum terjadi pada penambahan kawat bendrat sebesar 0,5% dengan nilai 250,13 Kg/cm² . Berat beton semakin bertambah seiring dengan bertambahnya persentase kawat bendrat. Penambahan potongan serat kawat bendrat pada campuran beton dapat menurunkan kelecakan pada beton yang ditandai dengan menurunnya nilai slump setiap variasi penambahan kawat bendrat.
- c) Jaishkarun & Unnikrishnan (2017) melakukan penelitian dengan beton serat baja dengan bentuk *Hooked End* dengan variasi 0%, 0,5%, 0,75%,1% dengan kuat tekan rencana 26,2 MPa. Berdasarkan penelitian tersebut didapat besarnya kuat Tekan beton berturut-turut 31,11 MPa, 35,58 MPa, 37,42 MPa dan 42 MPa. Kuat tarik belah berturut-turut 2,27 MPa, 2,97 MPa, 3,33 MPa dan 3,81 MPa dan juga kuat lentur berturut-turut 5,63 MPa, 6,96 MPa, 8,23 MPa dan 9 MPa.
- d) (Luvena et al, 2017) melakukan penelitian dengan menambahkan serat baja pada beton *Self Compacting Concrete* 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 *self compacting concrete*.

- e) 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 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 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%.
- f) Gennaardy (2020) melakukan penelitian tentang penambahan serat karbon pada beton SCC dengan variasi 0%, 0,5% dan 1%. Hasil yang didapat dari penelitian ini menunjukkan kuat tekan rata-rata beton SCC dengan variasi 0%, 0,5% dan 1% berturut-turut sebesar 42,46 MPa, 48,69 MPa dan 54,16 MPa pada pengujian 56 hari. Penambahan kuat tekan rata-rata yang dihasilkan adalah hingga sebesar 27,5% dari beton SCC normal. Pada pengujian kuat tarik belah pada penambahan serat karbon variasi 0%, 0,5% dan 1% berturut-turut adalah 10,62 MPa, 14,72 MPa, dan 15,66 MPa pada pengujian 56 hari. Kuat tarik belah yang didapatkan dengan penambahan *fiber carbon* hingga sekitar 10,67% dari kuat tarik belah beton SCC normal. Kemudian untuk pengujian kuat lentur pada variasi 0%, 0,5% dan 1% berturut-turut adalah 6,84 MPa, 8,56 MPa dan 9,8 MPa. Kuat Lentur mengalami kenaikan sebesar 44% dengan penambahan serat karbon.

2.6. Prediksi Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur

Prediksi kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton dilakukan untuk memberikan perbandingan hasil penelitian sebelumnya dengan rumus yang didapat oleh peneliti sebelumnya dengan hasil yang didapat dan telah dihitung dengan rumus SNI

2.6.1. Kuat Tekan

Wafa dan Hasnat (1992) mengusulkan persamaan untuk memprediksi kuat tekan beton serat sebagai berikut:

$$f'_{cf} = f'_c + 2,23V_f \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

f'_{cf} = Kuat tekan beton serat (MPa)

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

V_f = volume fraksi serat (%)

2.6.2. Kuat Lentur

Usulan Swamy, et.al (1974) persamaan yang diusulkan olehnya dikembangkan berdasarkan analisis regresi data percobaan.

Untuk kuat retak pertama:

$$\sigma_{cf} = 0,843\sigma_m (1 - V_f) + 2,93V_f \cdot l_f/d_f \dots \dots \dots (5)$$

Untuk kuat tarik/lentur ultimit:

$$\sigma_{uf} = 0,97 \sigma_m (1 - V_f) + 3,31 V_f \cdot l_f/d_f \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

σ_{cf} = Kuat retak pertama beton serat (MPa)

σ_{uf} = Kuat tarik/lentur ultimit beton serat (MPa)

σ_m = Kuat tarik beton (MPa)

V_f = Volume fraksi (%)

l_f/d_f = Aspek rasio serat

2.6.3. Kuat Tarik

Usulan Narayanan & Darwish (1987) persamaan yg diusulkan berdasarkan analisis regresi data percobaan yang digunakan untuk memprediksi kuat tarik belah silinder beton serat (Purwanto 2011).

$$F_{\text{cpf}} = F_{\text{cuf}} A + B + C\sqrt{F} \dots\dots\dots(7)$$

$$F = (l_f/d_f) \cdot V_f \cdot \beta \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

F_{cpf} = Kuat tarik belah silinder beton serat (N/mm²)

F_{cuf} = Kuat tekan kubus beton (N/mm²)

A = tetapan non dimensi yang bernilai (20 – \sqrt{F})

B = Tetapan yang bernilai 0,7 (N/mm²)

C = Tetapan yang bernilai 1 (N/mm²)

F = Faktor serat

V_f = Volume fraksi (%)

l_f/d_f = Aspek rasio serat

β = Faktor lekatan serat (0,5 untuk serat berpenampang bundar, 0,75 untuk serat *crimped/ hooked* dan 1 untuk serat *indented*)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilakukan untuk mendapatkan data-data hasil penelitian pada *Self Compacting Concrete* dengan memberikan 2 campuran, yaitu campuran kawat bendrat dan campuran serat baja Dramix 3D. Pada penelitian ini digunakan campuran serat dengan variasi masing-masing kawat bendrat dan serat baja variasi 0%, 0,75%, 1% dan 1,5%. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada SCC dengan kedua serat tersebut kemudian dilakukan perbandingan hasil dari kedua campuran tersebut.

Pengujian yang dilakukan ada 3 yaitu, pengujian kuat tekan dengan menggunakan sampel silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, kuat tarik belah dengan menggunakan sampel silinder juga berukuran diameter 150 mm tinggi 300 mm, dan pengujian kuat tarik lentur dengan sampel balok berukuran 100 x 100 x 400 mm. Pengujian ini dilakukan pada saat umur beton 28 hari.

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dan pengujian kali ini yang berjudul Analisis Perbandingan Campuran Kawat Bendrat dan Serat Baja pada *Self Compacting Concrete* dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.

3.2. Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini merupakan hal yang pertama dilakukan. Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian kali ini:

1. Alat yang digunakan

Alat berupa peralatan yang digunakan selama melakukan penelitian ini:

a) Timbangan

Timbangan yang digunakan pada persiapan dan pelaksanaan ini adalah timbangan dengan ketelitian 0,1 dengan kapasitas maksimum 30 kg.

b) Kontainer

Kontainer adalah aluminium yang berbentuk persegi yang sering digunakan sebagai wadah atau tempat untuk agregat.

c) Gelas Ukur 100 cc

Gelas ukur ini digunakan untuk wadah dan alat ukur untuk memastikan berat *superplasticizer* sesuai dengan kebutuhan.

d) *Picnometer*

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

e) Kerucut Pasir

Kerucut pasir yang sering juga disebut kerucut abrams ini 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 bahan-bahan 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 *SlumpFlow 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 beton 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. Alat yang digunakan ini berasal dari merek

dagang ENERPAC dengan beban maksimal 80 Ton digunakan untuk pengujian kuat lentur balok.

2. Bahan yang digunakan

a) Air

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

b) Semen Portland

Pembuatan *Self Compacting Concrete* 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 Tanjungan, Lampung Selatan dengan ukuran gradasi 1–2.

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.

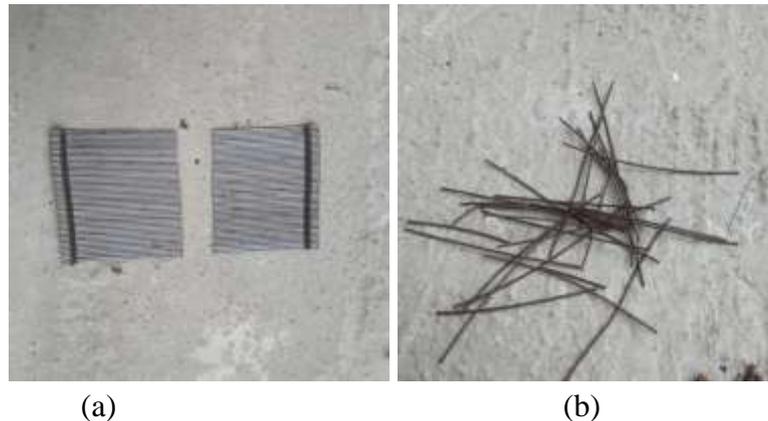
e) *Superplasticizer*

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

f) Serat

Serat yang digunakan dalam penelitian kali ini ada dua, yaitu kawat bendrat dan juga serat baja 3D Dramix. Ukuran kawat bendrat yang digunakan adalah panjang 30 mm dan diameter 0,75 mm. Untuk serat baja 3D Dramix digunakan ukuran panjang 30 mm dan diameter 0,75 mm sehingga perlu dilakukan pemotongan panjang serat baja. Dengan adanya penambahan serat kawat

bendrat dan serat baja 3D Dramix ini, diharapkan beton SCC menjadi lebih tahan terhadap retak dan patah.



Gambar 3. 1. Serat baja setelah pemotongan (a), kawat bendrat setelah pemotongan (b)

3.3. Prosedur pelaksanaan

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

3.3.1. Pemeriksaan Material

Pada penelitian ini dilakukan pemeriksaan material pada agregat kasar dan agregat halus. Data-data yang didapat kemudian disesuaikan dengan syarat ASTM yang ada. Kemudian, data yang didapat dari hasil pemeriksaan material tersebut digunakan untuk perhitungan *mix design* beton.

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)

Pada agregat halus dilakukan pengujian, antara lain:

1. Kadar air agregat halus (ASTM C 566-78)

2. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (ASTM C128-98)
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

Pengujian	Material	Hasil Pengujian	Standar ASTM
Kadar Air	Agregat Halus	0,50%	0-1%
	Agregat Kasar	2,09%	0-3%
Berat Jenis	Agregat Halus	2,6	2,5-2,7%
	Agregat Kasar	2,62	2,5-2,9%
Penyerapan	Agregat Halus	2,25%	1-3 %
	Agregat Kasar	2%	
Gradasi	Agregat Halus	2,9	2,3-3,1 %
	Agregat Kasar	7,4	6-8%
Kadar Lumpur	Agregat Halus	1,60%	<5%

3.3.2. Perencanaan Campuran *Self Compacting Concrete*

Pada perancangan campuran beton SCC ini dilakukan dengan menggunakan metode *British* yang kemudian komposisinya disesuaikan dengan syarat yang sesuai dengan metode DoE (*British*). Pada hal ini dilakukan *trial mix* untuk menghasilkan *slump flow* sebesar nilai standar 550-850 mm. Pada penelitian ini digunakan FAS sebesar 0,42 dan dengan tambahan *superplasticizer* sebesar 1% dari berat semen. Dengan mengikuti prosedur pada metode tersebut maka akan diperoleh kebutuhan bahan-bahan susun beton serat untuk 1 m³.

Tabel 3. 2. Data Kebutuhan Material Untuk 1m³

No.	Material (Kg)	Volume Fraksi Serat			
		0%	0,50%	1%	1,50%
1.	Pasir	751,436	751,436	751,436	751,436
2.	Split	751,436	751,436	751,436	751,436
3.	Semen	568,4	568,4	568,4	568,4
4.	Air	238,728	238,728	238,728	238,728
5.	SP	9,947	9,947	9,947	9,947
6.	Bendrat	-	77,8888	155,7776	233,6664
7.	Baja	-	90,6675	181,335	272,0025

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 sehingga serat juga menggumpal. Oleh karena itu dilakukan penambahan *superplastizicer* sebagai pengganti penambahan air sehingga tetap didapatkan hasil *slump folw* yang memenuhi standar.

3.3.3. Pembuatan sampel benda uji *Self Compacting Concrete*

Sampel benda uji dibuat sebanyak 63 sampel, 48 benda uji silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dan 24 benda uji balok berukuran lebar 100 mm, tinggi 100 mm dan panjang 400 mm untuk pengujian kuat tarik lentur beton. Setiap variasi terdiri dari 9 (sembilan) benda uji yaitu 6 (tiga) benda uji silinder dan 3 (tiga) benda uji balok. Semua sampel ini dilakukan pengujian pada umur sampel 28 hari dengan keterangan sebagai berikut:

Tabel 3. 3. Data Jumlah Benda Uji Campuran Serat Baja 3D Dramix

Volume Fraksi (%)	Jenis Serat	Jumlah Benda Uji			Jumlah Benda Uji
		Kuat Tekan	Kuat Tarik Belah	Kuat Tarik Lentur	
0	-	3	3	3	9
0,5	Baja	3	3	3	9
1	Baja	3	3	3	9
1,5	Baja	3	3	3	9
0,5	Kawat Bendrat	3	3	3	9
1	Kawat Bendrat	3	3	3	9
1,5	Kawat Bendrat	3	3	3	9

Pembuatan benda uji dilakukan berdasarkan hasil dari perencanaan *Trial Mix Design* yang telah dilakukan. Pada beton dengan campuran serat, variasi serat tersebut dicampurkan tepat setelah agregat kasar dan agregat halus dimasukkan pada *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 kemudian dimasukkan kedalam cetakan. Berikut adalah proses pembuatan benda uji SCC:

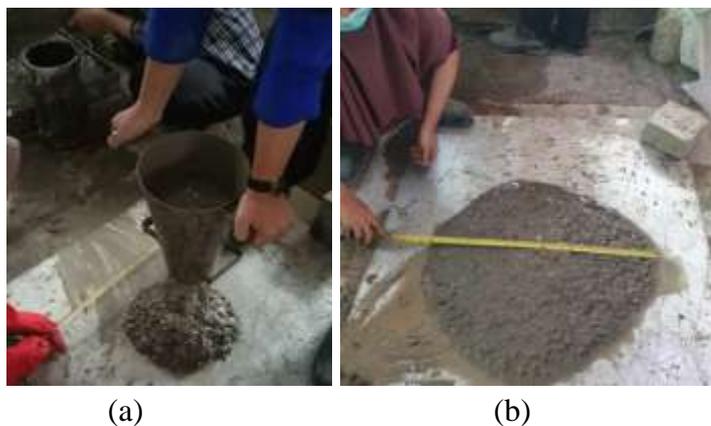


Gambar 3. 2. (a) Pengadukan material, (b) Pencetakan material.

3.3.4. Pengujian *Workability*

Pada pengujian ini dilakukan dengan beton segar yang dengan atau 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 beton segar SCC dengan menggunakan *Slump cone*. Alat dan prosedur pada pengujian ini disesuaikan dengan standar ASTM C1611 dan kemudian alat dibalikkan yang kemudian mengukur diameter rata-rata penyebaran tersebut.



Gambar 3. 3. *Slump Flow Test* (a) , pengungkuran diameter (b).

Hal yang harus diperhatikan saat pengujian beton segar SCC adalah waktu pekerjaan harus cepat, ketepatan membaca, mengukur diameter dan waktu uji. *Slump flow test* yang direncanakan pada penelitian ini yaitu berkisar antara 550–850 mm mengacu kepada standar EFNARCH 2005. Selain itu juga dilakukan pengujian T50 cm yaitu waktu yang diperlukan beton untuk mengalir hingga mencapai diameter 50 cm selama kurang dari 6 detik (EFNARCH,2005).

3.3.5. Perawatan Sampel benda uji (*Curing*)

Setelah benda uji dimasukkan kedalam cetakan dan telah dibiarkan selama 24 jam, maka cetakan benda uji tersebut dibuka dan direndam dalam bak air selama 26 hari untuk kemudian dilakukan pengujian pada umur beton 28 hari. Setelah benda uji direndam sampai selama 26 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. 4. Perawatan beton.

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 beton.

a) Kuat Tekan beton

Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM) berkapasitas 150 ton dengan kecepatan pembebanan 0,14–0,34 MPa/detik. Benda uji ini harus melewati proses curing dan kemudian ditimbang dan dicatat dan 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 agar memberikan beban yang berulang. 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)

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

b) Kuat Tarik Belah

Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat yang ada pada alat penekan yang ada pada 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.

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

Dimana:

f_t = Kuat tarik belah beton (MPa)

P = Beban maksimum yang diberikan (N)

Ls = Tinggi silinder (mm)

D = Diameter silinder (mm)

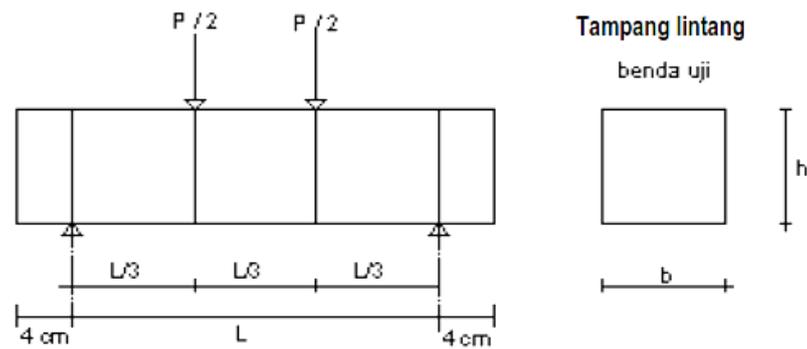
c) Kuat Tarik Lentur

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan 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 & 4:

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

Atau

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



Gambar 3. 5. Benda uji, perletakan dan pembebanan.

Dimana:

σ_t = Kuat tarik belah beton (MPa)

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

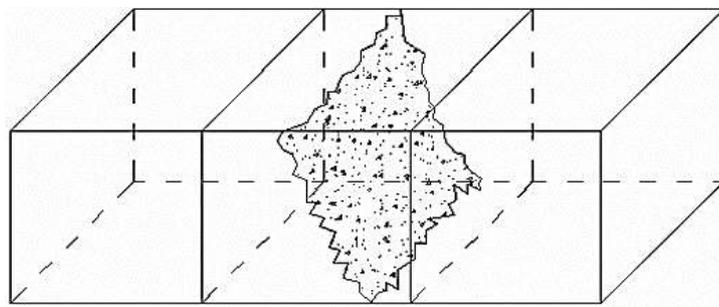
L = Jarak antara 2 (dua) garis perletakan (mm)

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

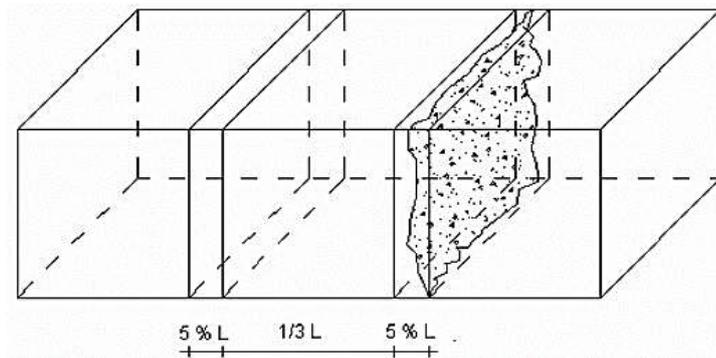
b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

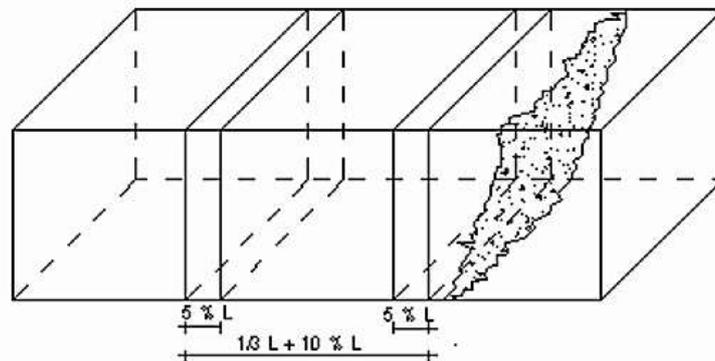
Penggunaan Persamaan 3 dan 4 tergantung pada letak retakan atau patahan seperti Gambar 3.5 dan Gambar 3.6



Gambar 3. 6. Patah pada 1/3 bentang tengah (Persamaan 3).



Gambar 3. 7. Patah di luar $1/3$ bentang tengah dan garis patah pada $<5\%$ dari bentang (Persamaan 4).



Gambar 3. 8. Patah di luar $1/3$ bentang tengah dan garis patah pada $>5\%$ dari bentang.

3.3.7. Analisis hasil penelitian

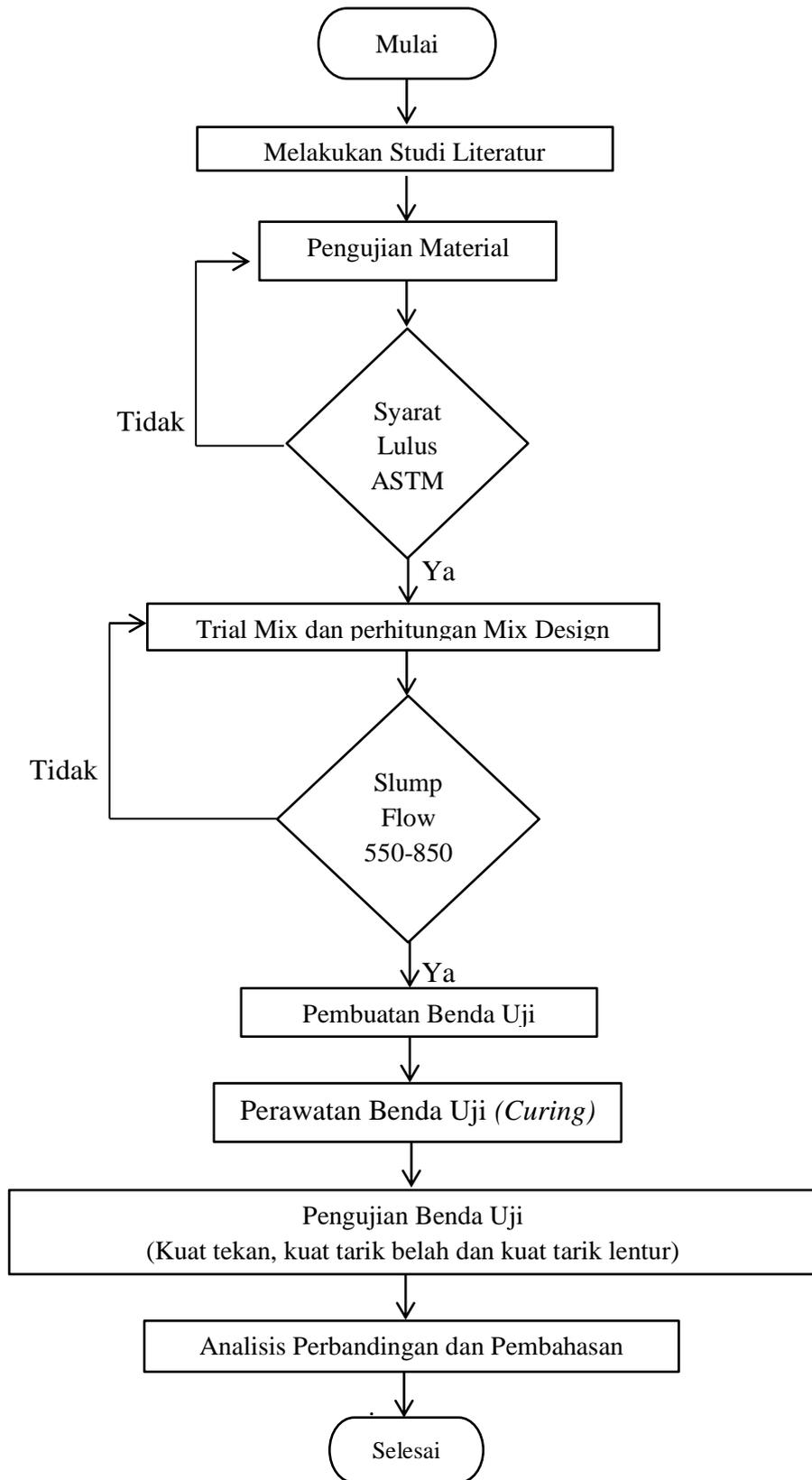
Analisis hasil penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Menghitung kuat tekan beton benda uji silinder dan disajikan dalam bentuk tabel berdasarkan persamaan 1
- Dari hasil pengujian kuat tekan beton dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi *volume fraction* serat baja Dramix 3D dan serat kawat bendrat terhadap hasil kuat tekan, kemudian menganalisisnya.
- Menghitung kuat tarik belah beton dengan benda uji silinder dan disajikan dalam bentuk tabel dengan persamaan 2.
- Dari hasil pengujian kuat tarik belah beton dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi *volume fraction* serat baja Dramix 3D dan

- 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 *volume fraction* serat baja dramix 3D dan serat kawat bendrat terhadap hasil kuat tarik lentur, kemudian menganalisisnya.

3.4. Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah pelaksanaan penelitian, maka perlu dibuat tahapan-tahapan yang akan dijadikan pedoman dan arahan dalam melaksanakan penelitian ini. Tahapan-tahapan tersebut yang digambarkan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.9. Diagram Alir

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil percobaan yang telah dianalisis didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Seiring penambahan variasi serat yang digunakan sebagai campuran pada beton SCC maka akan memperlambat aliran dan memperbesar nilai T50 yang didapat. Sebaliknya semakin besar penambahan variasi serat baja dan kawat bendrat akan memperkecil nilai *slumpflow*.
2. Kuat tekan maksimum pada SCC dengan campuran serat baja terjadi pada penambahan variasi 1,5% serat baja sebesar 26,39% yaitu menjadi 36,79 MPa jika dibandingkan dengan beton tanpa serat dengan besar kuat tekan 29,11 MPa. Kemudian untuk kuat tarik belah dengan campuran serat baja terjadi kuat tarik belah maksimum pada variasi 1,5% yaitu sebesar 64,71% yaitu menjadi 4,18 MPa dibandingkan dengan beton tanpa serat dengan besar kuat tarik belah 2,54 MPa. Sedangkan untuk pengujian kuat tarik lentur maksimum terjadi pada penambahan serat baja variasi 1,5% juga yaitu sebesar sebesar 111,88% yaitu menjadi 5,65 MPa jika dibandingkan dengan beton tanpa serat dengan besar kuat tarik lentur 2,67 MPa.
3. Nilai kuat tekan beton 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 60,74% yaitu sebesar 4,07 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.

4. Penambahan serat baja 3D Dramix dan kawat bendrat pada beton SCC dapat meningkatkan kuat tarik belah dan kuat tarik lentur beton SCC. Begitu pula pada kuat tekan, kedua serat ini juga dapat menambah kekuatan tekan pada beton SCC.
5. Nilai kuat tarik belah dan kuat tarik lentur beton SCC kedua serat ini berbeda namun tidak signifikan, sedangkan untuk kuat tekan terjadi perbedaan besar dan memiliki nilai yang jauh antara penambahn variasi yang sama.
6. Dapat disimpulkan bawah beton dengan campuran serat baja karbon 3D Dramix memiliki tingkat daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan kawat bendrat. Namun jika dibandingkan dari segi biaya dan harga kawat bendrat lebih ekonomis dibandingkan dengan serat baja karbon 3D Dramix.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diberikan beberapa saran yang bertujuan pengembangan penelitian lanjut sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian tentang variasi ukuran panjang pada serat kawat bendrat terhadap beton SCC.
2. Perlu dilakukan penelitian berbeda tengan variasi panjang serat baja 3D Dramix terhadap beton SCC.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan variasi kombinasi campuran serat baja dan kawat bendrat.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 116R-90. 2000. Cement and Concrete Terminology. *American Concrete Institute*, 58.
- Arezoumandi, M., Ezzell M., Volz J.S.2013. *A comparative study of the Fracture behavior, Creep, and Shrinkage of Chemically Based Self-Consolidating Concrete, Front.* Higher Education Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Struct Civ. Eng. 8(1): 36–45,
- Assalam, M. Fajri., Hardian, M. Farhan., Amalia. 2019. Karakteristik Beton SCC dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi. *Jurnal Mahasiswa Politeknik Negeri Jakarta*. Depok, Jawa Barat.
- ASTM C 494-81. Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete. United States
- EFNARC. 2002. *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. 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
- Gumalang, S. Wallah, S.E., Sumajouw, M.D.J. 2016. Pengaruh Kadar Air dan Superplasticizer pada Kekuatan dan Keleccakan Beton Geopolimer Memadat Sendiri Berbasis Abu Terbang. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. 6 (3), 574-582.

- Gusti, M. Noorhidana, V.A, & Irianti, L. 2021. Pengaruh Variasi Serat *Polypropylene* Dan Faktor Air Semen Pada Uji Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah Dan Kuat Lentur *Self Compacting Concrete (SCC)*. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 9(1).
- Hadi, A.K., Supardi, S., Maruddin, M., Yusuf, A.A.A., and Samsuddin, R.H. 2021. Metode Self Compacting Concrete (SCC) terhadap Sifat Mekanis Beton. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 6 (1), 32.
- Hafiz 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), 13.
- Hartono, et.al.2007. *Pertimbangan pada Perbaikan dan Perkuatan Struktur Bangun Pasca Gempa*. Seminar HAKI, Jakarta.
- Johannes, D., Mangundap, K., Sugiharto, H., and Wijaya, G.B., 2017. Pengaruh penambahan serat baja 4D dramix terhadap kuat tekan, tarik belah, dan lentur pada beton. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 6 (2), 40–47.
- JSCE. 2010. *Standar Spesification For Concrete Structure*. Japan Society of Civil Engineering. JSCE Guidelines for Concrete. Vol. 15
- K, Jaiskarun, Unnikrishnan. 2017. Experimental and Analytical Investigation on Steel Fiber Reinforced Concrete. *International Journal of earth Science and Engineering*.Vol. 10., No. 01
- Luvana, G.A., Siswanto, M.F., and Saputra, A. 2017. Pengaruh Penambahan Serat Baja pada Self Compacting Concrete Mutu Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil*, 14 (2), 85–93.
- McCormac, Jack C. 2004. *Desain Beton Bertulang Jilid I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI. Yogyakarta

- Nugraha, Ikhsan Dwipayana. 2018. *Studi Karakteristik Beton Serat Kawat Bendrat*. Universitas Hassanudin, Sulawesi Selatan.
- Nugraheni, Melly. 2017. Pengaruh Penambahan Serat Bendrat Berkait (Hooked) Dengan Perilaku Beton Pada Beban Tekan Berulang. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
- Okamura H, Ouchi M. 2003. Self Compacting Concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*. Vol. 1 No. 1. Japan
- Puwanto, E. (2011). Pengaruh Prosentase Penambahan Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan. *Rekayasa: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*. 15(2), 87-98.
- Pramono, Agus Edy. 2012. *Karakteristik Komposit Karbon-Karbon Berbasis Limbah Organik Hasil Proses Tekan Panas*. Fakultas Teknik, Program Doktor. Universitas Indonesia, Depok.
- Saifudin Ahmad, Sholihin As'ad, Sunarmasto. 2015. Pengaruh Dosis, Aspek Rasio, Dan Distribusi Serat Terhadap Kuat Lentur Dan Kuat Tarik Belah Beton Berserat Baja. *E-journal Matriks Teknik Sipil* . Universitas sebelas maret. Surakarta.
- SNI 2491. 2014. Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 1–17.
- SNI 2847. 2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. *Standar Nasional Indonesia (SNI)*, (8), 653–659.
- SNI 4431. 2011. Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 16.
- SNI 15-2049. 2004. *Semen Portland Komposit*. Badan Standarisasi Nasional. Indonesia.
- Sudarmoko. 1991. *Kuat Tarik Beton Serat Bendrat*. Makalah Seminar PAU- Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta

- Sugiharto, H. 2006. *Penggunaan Fly Ash Dan Viscocrete Pada Self Compacting Concrete*. Dimensi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra
- Suhendro, B. 1991. *Pengaruh Fiber Kawat Pada Sifat-Sifat Beton dan Beton Bertulang*. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian UGM. Yogyakarta.
- Sukoyo. 2011. *Peningkatan Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Dengan Penambahan Fiber Baja*. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang. Semarang.
- Sutrisno. 2015. *Analisa Sifat dan Ketahanan Bakar Nano Komposit Geomaterial-Serat Karbon-Phenolyc*. Program Pasca Sarjana Univeritas Brawijaya, Malang.
- Wendi, Mufti, Indra. 2020. Pengaruh Penggunaan Serat Kawat Bendrat sebagai Campuran pada Beton terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Spektrum UNRAM*. Vol 8. No 1. Padang
- Wihardi, T.M., Parung, H., Siswanto, K., and Dalle, A. 2006. Pecahan Marmer Sebagai Pengganti Parsial Agregat Kasar Self Compacting Concrete (SCC). *Jurnal desain & kondruksi*, 5 (1), 1–9.
- 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*. Vol. 14. No.2. Semarang.
- Y.Pawade, P., & Reddy, D. V. 2012. Combine Of Silica Fume and Steel Fibre On Mechanical Properties On Standard Grade Of Concrete and Their Interrelations. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, III(1).