

**ANALISIS KOMBINASI CAMPURAN 3D DRAMIX DAN KAWAT BENDRAT
PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)**

(Skripsi)

Oleh

AINAYA MAUDIA ZAHRA

1915011045



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

ANALISIS KOMBINASI CAMPURAN 3D DRAMIX DAN KAWAT BENDRAT PADA *SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)*

Oleh

AINAYA MAUDIA ZAHRA

Beton merupakan material struktur yang paling sering digunakan pada konstruksi. Penggunaan beton yang luas menciptakan banyak inovasi terhadap komposisi beton agar mendapatkan beton yang lebih baik. *Self Compacting Concrete (SCC)* adalah salah satu inovasi dalam pembuatan beton. SCC adalah beton segar yang mampu mengalir melalui tulangan dan mengisi seluruh ruang dalam cetakan tanpa memerlukan pemadatan manual atau getaran mekanik. SCC memiliki kekurangan nilai kuat tarik yang lemah seperti pada beton lainnya. Maka dilakukan sebuah inovasi yaitu penambahan serat pada beton. Dalam penelitian ini, menggunakan kombinasi kawat bendrat dan 3D Dramix dengan panjang 6 cm dan diameter 0,8 mm, volume fraksi campuran berjumlah 1% dan 1,5% dengan jumlah 8 kombinasi. Benda uji kuat tekan 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 24 buah. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Dari hasil pengujian yang dilakukan, kuat tekan tertinggi terjadi pada BSV yaitu kombinasi 1,25% kawat bendrat dan 0,25% 3D Dramix dengan kenaikan kuat tekan sebesar 15,04% dari beton normal. Pada uji kuat tarik lentur didapatkan kenaikan maksimum pada BSV yaitu kombinasi 1,25% kawat bendrat dan 0,25% 3D Dramix dengan persentase kenaikan sebesar 1206,5% dari beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan 3D Dramix dan kawat bendrat menambah kekuatan tekan dan kuat lentur pada SCC. Namun, semakin banyak serat pada SCC menyebabkan *workability* pada beton menurun dan pori pada beton semakin banyak.

Kata kunci: kawat bendrat, 3D Dramix, kuat tekan, kuat tarik lentur

ABSTRACT

ANALYSIS OF COMBINED 3D DRAMIX AND BENDRAT WIRE MIXTURES IN SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)

By

AINAYA MAUDIA ZAHRA

Concrete is the most commonly used structural material in construction. The wide use of concrete creates many innovations to the composition of concrete in order to get better concrete. Self Compacting Concrete (SCC) is one of the innovations in concrete manufacturing. SCC is fresh concrete that is able to flow through the reinforcement and fill the entire space in the mold without requiring manual compaction or mechanical vibration. SCC has a shortage of weak tensile strength values as in other concrete. So an innovation was made, namely the addition of fiber to the concrete. In this study, using a combination of bendrat wire and 3D Dramix with a length of 6 cm and a diameter of 0.8 mm, the volume fraction of the mixture amounted to 1% and 1.5% with a total of 8 combinations. The compressive strength test object was a cylinder with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm totaling 24 pieces and the flexural tensile strength test was a beam with a length of 400 mm, a width of 100 mm, and a height of 100 mm totaling 24 pieces. Tests were conducted at the age of 28 days. From the test results, the highest compressive strength occurred in BSV, namely a combination of 1.25% bendrat wire and 0.25% 3D Dramix with an increase in compressive strength of 15.04% of normal concrete. In the flexural tensile strength test, the maximum increase was obtained in BSV, namely the combination of 1.25% bendrat wire and 0.25% 3D Dramix with a percentage increase of 1206.5% from normal concrete. This shows that the addition of 3D Dramix and bendrat wire increases the compressive strength and flexural strength of SCC. However, the more fiber in SCC causes the workability of the concrete to decrease and the pores in the concrete to increase.

Keywords: bendrat wire, 3D Dramix, compressive strength, flexural tensile strength

**ANALISIS KOMBINASI CAMPURAN 3D DRAMIX DAN KAWAT BENDRAT
PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)**

Oleh

AINAYA MAUDIA ZAHRA

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
2023**

Judul Skripsi : **ANALISIS KOMBINASI CAMPURAN 3D
DRAMIX DAN KAWAT BENDRAT PADA
SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)**

Nama Mahasiswa : **Ainaya Maudia Zahra**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1915011045

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik



MENYETUJUI
1. Komisi Pembimbing

[Handwritten signature] *[Handwritten signature]*

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

[Handwritten signature]

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

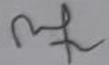
[Handwritten signature]

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

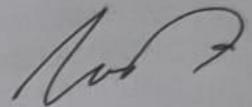
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

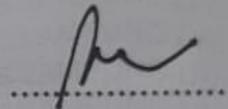
Ketua : **Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.**



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



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Eng. Ratna Widyawati, 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 : **13 Oktober 2023**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ainaya Maudia Zahra

NPM : 1915011045

Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul "*ANALISIS KOMBINASI CAMPURAN 3D DRAMIX DAN KAWAT BENDRAT PADA SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)*" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka. 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.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Oktober 2023



Ainaya Maudia Zahra

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Jakarta pada tanggal 16 Juni 2001, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Irawan, S.E. dan Ibu Heni Rosmawati, S.E. Penulis memiliki dua orang saudara yaitu adik perempuan yang bernama Wildah Anni Syahratu dan adik laki-laki bernama Alfisad Razan Sulaiman. Penulis memulai jenjang pendidikan tingkat dasar di SD N 3 Sawah Brebes pada tahun 2007-2013, lalu dilanjutkan pendidikan tingkat pertama di SMP N 4 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2016 dan dilanjutkan menempuh pendidikan tingkat atas di SMA N 1 Sukadana yang diselesaikan pada tahun 2019.

Pada tahun 2019 penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi seorang mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung (HIMATEKS UNILA) sebagai anggota Departemen Advokasi Periode 2020-2021 dan dilanjutkan menjadi anggota Departemen Kesekretariatan Periode 2021-2022. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode I di Kelurahan Bumi Kedamaian, Kecamatan Kedamaian, Bandar Lampung selama 40 hari, Januari – Februari 2022. Di tahun yang sama, tepatnya di bulan Agustus – November penulis juga telah melakukan

kerja praktik di Proyek Pembangunan Lanjutan Gedung B Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung selama 3 bulan.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi kampus dan menjadi Bendahara Pelaksana 1 pada acara Civil Bring Revolution 7 yang merupakan acara berskala Nasional untuk organisasi HIMATEKS UNILA. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul “ANALISIS KOMBINASI CAMPURAN 3D DRAMIX DAN KAWAT BENDRAT PADA SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)”.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, kesehatan serta kemampuan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini. Karena atas berkat ridho-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Ayah dan Bunda yang selalu mendoakan dan mendukung penulis selama kuliah ini,

Kedua adikku, Wilda dan Razan yang selalu mendoakan penulis dalam setiap langkah penulis.

Keluarga Besarku, yang selalu mendukung dan menyemangati serta membantu penulis setiap ada kesulitan dan pencapaian.

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 penulis dan sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Almamaterku Universitas Lampung

PRAKATA

Alhamdulillah *robbil'alamin*, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“ANALISIS KOMBINASI CAMPURAN 3D DRAMIX DAN KAWAT BENDRAT PADA SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 di Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya,serta senantiasa memudahkan dalam segala urusan hamba-Nya.
2. Bapak Dr. Eng. Helmi Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.
4. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Prodi S1 Teknik Sipil, Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Eng. Mohd. Isneini,S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dalam pengerjaan skripsi.
6. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dalam pengerjaan skripsi.
7. Ibu Dr. Eng. Ir. Ratna Widyawati, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran terkait isi skripsi.
8. Pak Ngadiono, Pak Jali, Mas Tio, Mba Puja yang membantu penulis selama proses pengerjaan di Lab Beton dan Konstruksi.

9. Seluruh Civitas Akademik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
10. Keluarga tercinta terutama kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan moral dan materil kepada penulis.
11. Teman-teman lab; Elfa, Laila, Vernady, Naufal, Alvany yang membantu dan menemani setiap langkah penulis.
12. Teman-teman kampusku; Clara, Silfa, Mayang, Sabrina, Tita, Anggita, Bella, Rafif, Alieftama, Rifanda, Fauzan, Marsyalino yang sudah membantu penulis menjalani kuliah selama ini.
13. Sahabat - sahabatku; Dela, Vania, Assya, Yoya, Gendis, Airlangga, Najeng, Romi, Dwi, Jilan, Ratu, Syaifa, Harrys, Diana, Doni yang membantu dan mendukung penulis menyelesaikan skripsinya.
14. Atu Syilvia sebagai penulis penelitian sebelumnya yang sudah meluangkan waktu dan memberi ilmu kepada penulis untuk penelitian ini.
15. Grup Elang Bebas yang sudah menghibur penulis selama mengerjakan penelitian ini.
16. Keluarga besar Teknik Sipil Angkatan 2019 (SOLID 19) yang telah memberikan dukungan dan melewati semua hal bersama selama 4 tahun perkuliahan.
17. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki penulis sehingga masih terdapat kekurangan dalam penulisan Skripsi ini. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang berkepentingan. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat untuk pihak yang memerlukan.

Bandar Lampung,

2023

Ainaya Maudia Zahra

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
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 (SCC)</i>	6
2.1.1. Karakteristik <i>Self Compaction Concrete (SCC)</i>	6
2.1.2. Kelebihan <i>Self Compacting Concrete</i>	8
2.2. Material Penyusun <i>Self Compacting Concrete</i>	9
2.2.1. Semen.....	9
2.2.2. Agregat.....	9
2.2.3. Air	11
2.2.4. <i>Superplasticizer</i>	11
2.3. Beton Serat	13
2.4. Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur	15
2.4.1. Kuat Tekan	15
2.4.2. Kuat Tarik Lentur	15
2.5. Penelitian Terdahulu	17
III. METODE PENELITIAN	23
3.1. Lokasi Penelitian	23
3.2. Peralatan.....	24

3.3.	Bahan	26
3.4.	Prosedur Pelaksanaan	27
3.4.1.	Pemeriksaan Material	27
3.4.2.	Perencanaan <i>Mix Design</i>	27
3.4.3.	Pembuatan Benda Uji	28
3.4.4.	Perawatan terhadap benda uji (curing)	29
3.4.5.	Pengujian Sampel benda uji	29
3.4.6.	Analisis hasil pengujian.....	31
3.5.	Diagram Alir	32
IV.	Hasil dan Pembahasan.....	33
4.1.	Umum	33
4.2.	Pengujian kelecakan (<i>workability</i>)	33
4.3.	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	37
4.4.	Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton.....	42
V.	Kesimpulan dan Saran.....	46
5.1.	Kesimpulan	46
5.2.	Saran	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Slump Flow Test</i> (Sumber: EFNARC Standard, 2005)	7
Gambar 2. <i>L-Shape Box Test</i> (Sumber: EFNARC Standard, 2005)	7
Gambar 3. <i>V-Funnel Test</i> (Sumber: EFNARC Standard, 2005)	8
Gambar 4. Kawat Bendrat.....	14
Gambar 5. Serat 3D Dramix.....	14
Gambar 6. Pengujian Kuat Tekan pada Benda Uji Silinder.....	15
Gambar 7. Patah pada 1/3 bentang tengah.	16
Gambar 8. Perletakan dan pembebanan kuat tarik lentur.	17
Gambar 9. Grafik hubungan volume fraksi terhadap kuat tekan beton.	18
Gambar 10. Grafik hubungan volume fraksi terhadap kuat tarik lentur beton. (Putra, Noorhidana, Isneini (2020)).....	18
Gambar 11. Diagram hasil kuat tarik belah beton. (Priyantoro, Wallah, Dapas (2018))	19
Gambar 12. Diagram hasil kuat tekan beton. (Priyantoro, Wallah, Dapas (2018))	19
Gambar 13. Grafik hubungan antara volume fraksi serat dengan hasil pengujian kuat tekan SCC. (Anggraeni, Noorhidana, Irianti (2022)).....	21
Gambar 14. Grafik hubungan antara volume fraksi serat dengan hasil pengujian kuat tarik lentur SCC. (Anggraeni, Noorhidana, Irianti (2022)).....	22
Gambar 15. Perletakan dan pembebanan kuat tarik lentur.	31
Gambar 16. Diagram Alir.	32
Gambar 17. Slumpflow Pada Campuran Serat 1%	34
Gambar 18. Slumpflow Pada Campuran Serat 1.5%	34
Gambar 19. Grafik hubungan antara variasi kombinasi serat dengan slump flowbeton.	35
Gambar 20. Grafik hubungan variasi kombinasi dengan pengujian T50.....	36
Gambar 21. Pengujian Kuat Tekan.	38
Gambar 22. Grafik hubungan variasi kombinasi dengan hasil uji kuat tekan.	40
Gambar 23. Beton dengan campuran 3D Dramix 1%.....	41
Gambar 24. Beton dengan campuran kawat bendrat 1.5%	41
Gambar 25. Grafik hubungan variasi kombinasi dengan hasil uji kuat lentur.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan SCC pada umur 28 hari. Anggraeni, Noorhidana, Irianti (2022).	20
Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur SCC pada umur 28 hari. Anggraeni, Noorhidana, Irianti (2022).	21
Tabel 3. Variasi Sampel Pada Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur.....	28
Tabel 4. Hasil pengujian <i>slump flow</i>	33
Tabel 5. Hasil pengujian T50.....	36
Tabel 6. Hasil uji kuat tekan beton.....	39
Tabel 7. Hasil Uji Kuat Tarik Lentur	43

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan material struktur yang paling sering digunakan pada konstruksi, beton dapat digunakan pada bangunan, jalan, maupun jembatan. Beton adalah material konstruksi yang memiliki kemampuan menahan gaya tekan yang tinggi, serta dapat dirancang untuk mencapai kekuatan yang direncanakan. Penggunaan beton yang luas menciptakan banyak inovasi terhadap komposisi beton agar mendapatkan beton yang lebih baik.

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan atau *admixture* (SNI 2847:2013). Pada proses pengecoran beton normal, dilakukan pemadatan menggunakan *vibrator*, *vibrator* bekerja dengan cara menggetarkan adukan pada saat pengecoran ke dalam bekisting agar adukan beton dapat memenuhi celah – celah pada beton, namun seringkali pemadatan tersebut tidak maksimal karena banyak celah – celah yang tidak dapat dijangkau dan akan mengurangi mutu beton sendiri. Karena permasalahan tersebut, maka terbentuk inovasi *Self Compacting Concrete (SCC)* atau sering disebut beton alir.

SCC adalah beton segar yang mampu mengalir melalui tulangan dan mengisi seluruh ruang dalam cetakan tanpa memerlukan pemadatan manual atau getaran mekanik (Tjaronge et.al 2006), dengan hal ini maka tidak ada rongga – rongga pada beton. Nilai slump pada SCC menurut standar EFNARC di antara 550-850 mm. Komponen SCC hampir sama dengan beton konvensional, perbedaannya adalah ditambahkan *superplasticizer* ke dalam adukan agar adukan encer dan dapat mengalir pada proses pengecoran, lalu komposisi agregat halus lebih

banyak dari agregat kasar, dan ukuran agregat kasar yang lebih kecil agar agregat dapat mengalir melewati tulangan – tulangan pada beton.

Walaupun SCC memiliki banyak kelebihan, tetapi SCC memiliki kekurangan nilai kuat tarik yang lemah seperti pada beton lainnya. Maka dilakukan sebuah inovasi yaitu penambahan serat pada beton. Beton serat dibuat agar nilai kuat tarik beton dapat meningkat. 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).

Rasjidi (2001) meneliti tentang penggunaan bendrat melalui pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton serat. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kuat tekan optimal umur 28 hari pada penggunaan konsentrasi serat 4%, panjang serat 5 cm, yaitu $f_c = 368,599 \text{ kg/cm}^2$, terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 83% terhadap beton tanpa serat dan kuat tarik optimal umur beton 28 hari yaitu pada penggunaan konsentrasi serat 4%, panjang serat 6 cm yaitu $f_t = 45,772 \text{ kg/cm}^2$ terjadi peningkatan kuat tarik sebesar 40.275%.

Putra, Noorhidana, Isneini (2020), didapatkan penelitian dari hasil uji kuat tarik lentur balok beton tertinggi terdapat pada V_f 1,5% dan mengalami peningkatan sebesar 281,42% dari V_f 0%., dan Kuat lentur balok beton bertulang dengan beban maksimum terdapat pada V_f 1,5% dan mengalami peningkatan sebesar 56,64% dari V_f 0%. Penambahan serat baja pada balok beton bertulang menyebabkan balok tersebut menjadi lebih kaku, penambahan serat juga dapat memperbaiki sifat getas pada beton.

Anggraeni, Noorhidana, Irianti (2022), meneliti tentang penambahan serat baja 3D Dramix dan kawat bendrat pada beton alir atau SCC dengan V_f 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% pada masing – masing campuran, didapatkan peningkatan nilai

kuat tekan optimum sebesar 26,39% pada campuran serat baja dengan Vf 1,5%, dan 20,31% pada campuran kawat bendrat dengan Vf 1,5%, lalu peningkatan nilai kuat tarik lentur pada Vf 1,5% serat baja sebesar 111,88%, pada campuran kawat bendrat Vf 1,5% terjadi kenaikan nilai kuat tarik lentur optimum sebesar 76,18%. Kuat Tekan maksimum pada SCC terjadi pada saat penambahan serat baja 3D Dramix dan kawat bendrat dengan volume fraksi 1,5% . begitu juga pada kuat tarik belah dan kuat lentur, terjadi maksimum pada saat penambahan serat variasi 1,5%.

Prijantoro, Wallah, Dapas (2018), meneliti kombinasi serat baja dan kawat bendrat pada beton normal. Variasi yang diteliti adalah 0%, 1% kawat bendrat dan 0% serat baja, 0% kawat bendrat dan 1% serat baja, 0,25% kawat bendrat dan 0,75% serat baja, 0,75% kawat bendrat dan 0,25% serat baja, 0,5% kawat bendrat dan 0,5% serat baja. Presentase tertinggi penambahan kuat tarik belah beton serat terhadap beton non serat dengan presentase 10.17% terdapat pada kombinasi campuran 0.75% bendrat dan 0.25% dramix 3D (BSIV) dengan nilai kuat tarik belah (f_{sp}) = 3.15 MPa. Presentase tertinggi penambahan kuat tekan beton serat terhadap beton non serat dengan presentase 14.59% terdapat pada kombinasi campuran 0.5% bendrat dan 0.5% dramix 3D (BSV) dengan nilai kuat tekan (f'_c) = 28.52 MPa. Penambahan dramix 3D dengan dikombinasikan kawat bendrat pada beton non serat dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

Banyak penelitian yang menunjukkan bahwa penambahan serat baja dan kawat bendrat dapat meningkatkan kuat tarik dan kuat belah beton, namun belum ada penelitian yang mengombinasikan serat baja dan kawat bendrat pada SCC, oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan kombinasi kawat bendrat dan serat baja pada SCC. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi masukan untuk praktisi pada bidang konstruksi, dan dapat menjadi pembelajaran.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana analisis kombinasi campuran dari serat baja dan kawat bendrat pada *Self Compaction Concrete* terhadap sifat mekanis beton yaitu kuat tekan dan kuat tarik lentur?
2. Berapa besar kuat tekan yang dihasilkan oleh *Self Compaction Concrete* dengan penambahan campuran kawat bendrat dan serat baja dibandingkan beton normal?
3. Berapa besar kuat tarik lentur yang dihasilkan oleh *Self Compaction Concrete* dengan penambahan campuran kawat bendrat dan serat baja dibandingkan beton normal?

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 kombinasi campuran serat baja dan kawat bendrat terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur.
2. Untuk mengetahui berapa besar kuat tekan yang dihasilkan *Self Compacting Concrete* dengan penambahan campuran kawat bendrat dan serat baja.
3. Untuk mengetahui berapa besar kuat tarik lentur yang dihasilkan *Self Compaction Concrete* dengan penambahan campuran kawat bendrat dan serat baja.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah sesuai tujuan yang diharapkan, maka terdapat batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Metode perencanaan (*mix design*) menggunakan metode Perencanaan dan perhitungan *Mix Design* dilakukan dengan menggunakan metode *The British Mix Design Method*.
2. Aspek rasio kawat bendrat yaitu diameter 0,8 mm dan panjang 60 mm.

3. Aspek rasio serat baja yaitu diameter 0,8 mm dan panjang 60 mm.
4. Pengujian beton terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur.
5. Variasi kadar kombinasi kawat bendrat dan serat baja yaitu 0%, 1,0% dan 1,5% terhadap agregat kasar, dengan variasi penambahan kawat bendrat 1%, serat baja 1%, kawat bendrat 0,75% serat baja 0,25%, kawat bendrat 0,5% serat baja 0,5%, kawat bendrat 1% serat baja 0,5%, dan kawat bendrat 1,25% serat baja 0,25%, kawat bendrat 1,5%.
6. Pengujian beton dilakukan pada beton berumur 28 hari.
7. Dalam pengujian material dilakukan sesuai dengan acuan ASTM dan untuk pengujian beton dilakukan berdasarkan standar EFNARCH, JSCE dan SNI.
8. Benda uji akan dibuat sebanyak 48 buah, 24 benda uji silinder ukuran Diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan 24 benda uji balok berukuran 100x100x400 mm.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat pada penelitian ini adalah:

1. Diharapkan menambah wawasan khususnya penambahan campuran kombinasi kawat bendrat dan serat baja pada beton untuk meningkatkan mutu beton sesuai yang diharapkan dan memperbaiki sifat-sifat yang kurang baik pada beton.
2. Mengetahui besarnya kuat tekan dan kuat tarik lentur yang dihasilkan oleh beton dengan penambahan kombinasi kawat bendrat dan serat baja pada *Self Compacting Concrete*.
3. Dengan penelitian yang maksimum diharapkan bahan tambah tersebut dapat dijadikan bahan tambah komponen beton yang mempunyai kekuatan tinggi dan berkualitas baik namun bernilai ekonomis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Self Compacting Concrete (SCC)*

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidraulik, agregat kasar, agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 2847,2019). Beton merupakan struktur yang sering dipakai pada konstruksi. Seiring berkembangnya teknologi, berkembang pula inovasi pada beton. *Self Compacting Concrete (SCC)* adalah inovasi pada beton yaitu kemampuan untuk memadat sendiri dengan mengandalkan beratnya sendiri terhadap gaya gravitasi dengan menggunakan tambahan cairan kimia seperti *superplasticizer*.

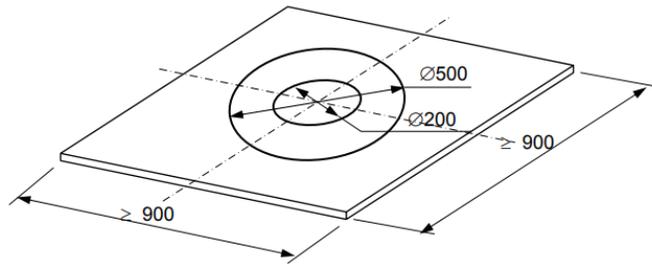
SCC dapat mengisi celah-celah antar tulangan yang sulit dijangkau beton normal tanpa mengalami segregasi (As'ad, 2019). Karakteristik *workability* yang tinggi menjadi penentu sifat SCC dapat menyebar memenuhi bekisting dan menutup pembesian secara gravitasi tanpa memerlukan pemadatan. Umumnya SCC memiliki nilai Slump Flow yang berkisar antara 550-850 mm.

2.1.1. Karakteristik *Self Compaction Concrete (SCC)*

Berdasarkan spesifikasi SCC dari EFNARC, kelecekan (*workability*) campuran beton segar dapat dikatakan sebagai SCC apabila memenuhi kriteria sebagai berikut, yaitu :

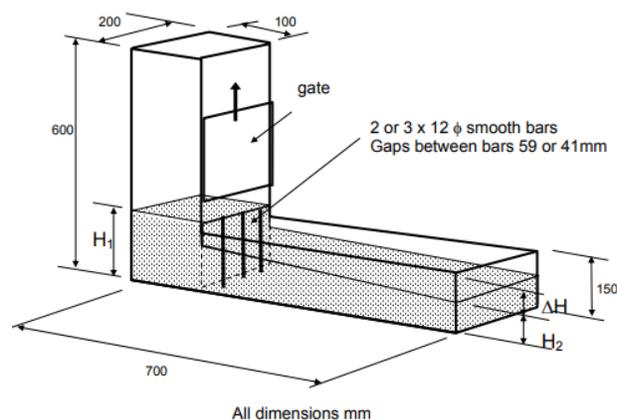
- a) *Filling ability*, yaitu kemampuan SCC untuk mengisi keseluruhan bagian cetakan melalui beratnya sendiri. Hal ini dapat ditentukan dengan menggunakan kerucut Abrams berdasarkan kemampuan

penyebaran beton segar yang dinyatakan dengan besaran diameter yaitu antara 60-75 cm.



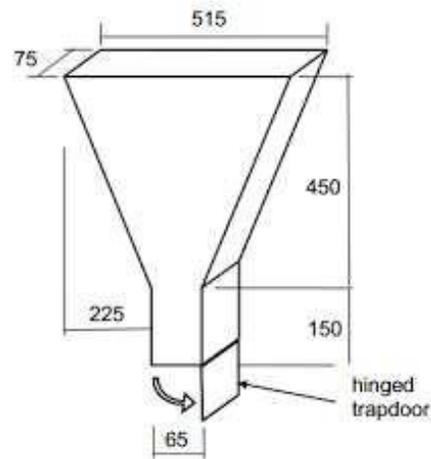
Gambar 1. *Slump Flow Test* (Sumber: EFNARC Standard, 2005)

- b) Passing ability, yaitu kemampuan SCC untuk mengalir melalui celah-celah sempit antar besi tulangan pada cetakan tanpa menimbulkan segregasi atau blocking. Untuk menentukannya 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 SCC nilai blocking ratio berkisar antara 0,8 – 1,0. Pengujian L-Shape Box dilakukan seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2. *L-Shape Box Test* (Sumber: EFNARC Standard, 2005)

- c) Segregation resistance, adalah kemampuan SCC untuk menjaga tetap dalam keadaan komposisi yang homogen selama waktu transportasi sampai pada pengecoran. *V-Funnel test* digunakan untuk mengukur viskositas 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 3. *V-Funnel Test* (Sumber: EFNARC Standard, 2005)

2.1.2. Kelebihan *Self Compacting Concrete*

Self Compacting Concrete memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan beton konvensional, antara lain:

1. Tidak memerlukan vibrator atau alat penggetar
2. Sangat encer dan dapat mempertahankan slump tinggi dalam jangka waktu lama
3. Mengalami susut yang lebih rendah
4. Dapat digunakan sebagai beton mutu tinggi
5. Lebih kedap dan porositas yang kecil
6. Lebih homogen dan stabil

2.2. Material Penyusun Self Compacting Concrete

Material yang digunakan pada pembuatan SCC :

2.2.1. Semen

Semen yang biasa digunakan pada penyusunan SCC adalah semen Portland. Menurut ASTM C-150 1985, semen portland merupakan semen hidrolik yang dihasilkan dengan klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersamasama dengan bahan utamanya.

Pada penyusunan SCC dapat digunakan tipe jenis semen apapun tergantung kebutuhannya sendiri. Pada semen Portland Tipe 1 (*Ordinary Portland Cement*) 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.

Berdasarkan SNI 2049:2004, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersamasama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Semen berfungsi sebagai bahan perekat untuk menyatukan bahan agregat kasar dan agregat halus menjadi satu massa yang kompak dan padat dengan proses hidrasi.

2.2.2. Agregat

Agregat adalah material yang komposisinya paling banyak pada sebuah beton. Komposisi agregat pada SCC berbeda dengan beton konvensional, agregat halus lebih banyak dari agregat kasar. Agregat yang baik adalah

agregat yang memiliki gradasi optimum (tak seragam/memiliki semua ukuran). Agregat inilah yang dapat mengurangi permeabilitas dan porositas pada beton alir atau SCC.

Agregat dibagi menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar :

1. Agregat Halus

Menurut Asroni (2010) agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton harus memenuhi persyaratan berikut:

- a. Pasir terdiri dari butiran yang tajam dan keras.
- b. Pasir tidak mudah pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Apabila kadar lumpur pasir lebih dari 5% maka pasir harus dicuci terlebih dahulu.
4. Tidak menggunakan pasir laut (kecuali dengan petunjuk staf ahli) karena pasir laut banyak mengandung garam yang bias merusak beton atau baja tulangan

Agregat halus pada SCC hampir sama dengan beton konvensional, hanya saja menggunakan butiran yang lebih halus. Kadar air, daya serap air, gradasi dan variasi kadar halus semua agregat harus dipantau secara ketat dan terus menerus dan harus diperhitungkan untuk menghasilkan SCC kualitas konstan. Menggunakan agregat yang dicuci biasanya akan memberikan produk yang lebih konsisten (EFNARC, 2005).

2. Agregat Kasar

Agregat kasar pada SCC harus sangat diperhatikan, ukuran maksimum agregat adalah 12-20 mm agar tidak terjadi blocking agregat pada saat pengaliran SCC.

Agregat yang memiliki permukaan lebih bulat dapat mengurangi terjadinya blocking dan mengurangi gesekan internal sehingga dapat mempercepat pengaliran.

2.2.3. Air

Air merupakan komponen yang juga penting untuk penyusunan beton. Air berguna untuk mengikat seluruh komponen pada beton. Untuk bereaksi dengan semen, air hanya diperlukan 25% - 30% saja dari berat semen. Air yang digunakan harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak, dan tidak mengandung garam-garam dan zat-zat lain yang dapat merusak beton (Nugraheni, 2017).

2.2.4. *Superplasticizer*

Superplasticizer merupakan bahan tambah (admixture) 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. Namun, penggunaan *Superplasticizer* harus dengan dosis yang sesuai. 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.

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. Dalam penelitian ini digunakan tipe HRWR

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. Penggunaan serat pada beton bertujuan untuk meningkatkan kuat tarik beton karena sifat beton lemah terhadap tarik.

Menurut ACI Committee 544 (1982) beberapa jenis serat yang dipakai untuk memperbaiki sifat kurang baik dari beton diantaranya serat baja (*steel*), plastik (*polypropylene*), kaca (*glass*), karbon (*carbon*).

Pada penelitian ini menggunakan kombinasi serat baja dan kawat bendrat. Penggunaan serat baja pada beton berfungsi untuk mengurangi sifat susut beton, adapun penggunaan serat baja lebih signifikan untuk meningkatkan kuat lentur, hal ini karena serat baja yang bekerja secara komposit dengan beton (Sulthan, 2019).

Menurut Altun dkk (2006), keuntungan penggunaan serat baja di dalam beton adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kekuatan lentur.
2. Meningkatkan kapasitas penyerapan energi.
3. Meningkatkan perilaku daktil sebelum keruntuhan ultimit.
4. Menghambat pertumbuhan pelebaran retak.
5. Meningkatkan daya tahan.

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. Maka pada penelitian ini dikombinasikan dengan kawat bendrat agar diharapkan mendapatkan nilai kuat tekan dan kuat tarik lentur yang lebih baik.

a. Serat Kawat Bendrat

Kawat bendrat yang dipakai adalah kawat dengan diameter 0,8 mm dan dipotong lurus dengan panjang 6 cm.

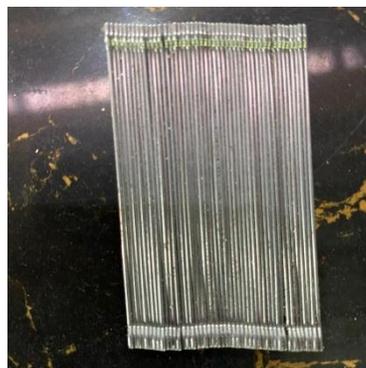


Gambar 4. Kawat Bendrat.

Pada penelitian (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. Harga yang relatif murah dan mudah didapat adalah salah satu pertimbangan untuk menggunakan kawat bendrat.

b. Serat 3D Dramix

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. Pada penelitian ini digunakan ukuran panjang 30 mm dan diameter 0,75 mm sehingga perlu dilakukan pemotongan panjang serat baja.



Gambar 5. Serat 3D Dramix.

2.4. Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur

2.4.1. Kuat Tekan

Kuat tekan beton merupakan kekuatan tekan maksimum yang dapat dipikul beton per satuan luas. Berdasarkan SNI 1974:2011, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Massa volume beton} = \frac{\text{Berat beton}}{\text{Volume beton}} \dots\dots\dots (1)$$

$$f'c = \frac{P}{A \times fu} \dots\dots\dots (2)$$

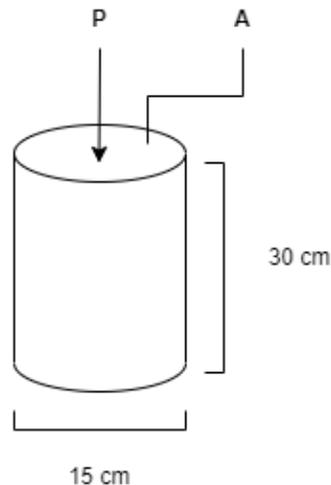
Keterangan :

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

P = Beban maksimum (KN)

A = Luas penampang silinder (mm^2)

fu = Faktor umur beton



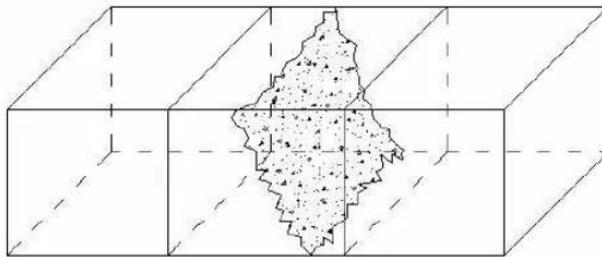
Gambar 6. Pengujian Kuat Tekan pada Benda Uji Silinder.

2.4.2. Kuat Tarik Lentur

Kuat lentur merupakan suatu sifat yang sangat penting untuk menahan retak, terutama yang diakibatkan oleh pemuaian akibat peningkatan

temperatur. Kuat lentur beton hanya berkisar 9-15% dari kuat tekannya, sehingga dalam perancangan kuat lentur beton dianggap nol. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan fiber pada adukan beton akan meningkatkan kuat lentur beton sehingga mampu menahan retak yang terjadi akibat adanya tegangan lentur (Dipohusodo, 1994).

Kuat lentur beton merupakan 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). Kuat lentur dapat diteliti dengan membebani balok pada tengah-tengah bentang atau pada setiap sepertiga bentang dengan beban titik $\frac{1}{2} P$. Beban ditingkatkan sampai kondisi balok mengalami keruntuhan lentur, dimana retak utama yang terjadi terletak pada sekitar tengah-tengah bentang.



Gambar 7. Patah pada 1/3 bentang tengah.

Nilai kuat lentur beton dapat dihitung dengan Persamaan:

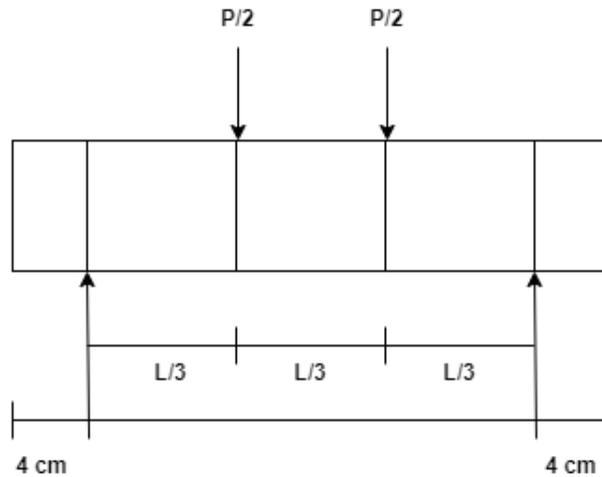
$$\sigma_t = \frac{P.L}{b.h^2} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

σ_t = Kuat tarik lentur benda uji (MPa)

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

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

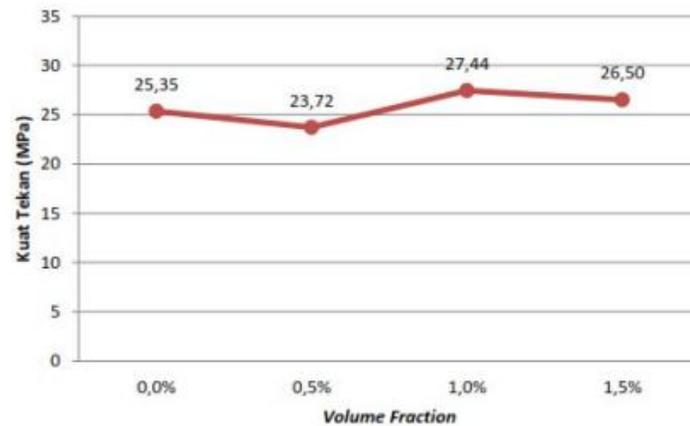


Gambar 8. Perletakan dan pembebanan kuat tarik lentur.

2.5. Penelitian Terdahulu

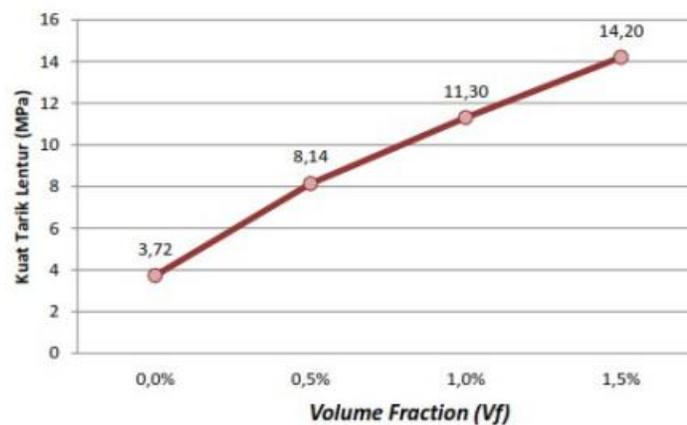
Rasjidi (2001) meneliti tentang optimalisasi penggunaan bendrat melalui pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton serat. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kuat tekan optimal umur 28 hari pada penggunaan konsentrasi serat 4%, panjang serat 5 cm, yaitu $f_c = 368,599\text{ kg/cm}^2$, terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 83% terhadap beton tanpa serat dan kuat tarik optimal umur beton 28 hari yaitu pada penggunaan konsentrasi serat 4%, panjang serat 6 cm yaitu $f_t = 45,772\text{ kg/cm}^2$ terjadi peningkatan kuat tarik sebesar 40.275%.

Putra, Noorhidana, Isneini (2020) meneliti tentang penambahan serat baja dengan v_f 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% pada balok beton bertulang. Kuat tarik lentur balok beton tertinggi terdapat pada V_f 1,5% dan mengalami peningkatan sebesar 281,42% dari V_f 0%, dan Kuat lentur balok beton bertulang dengan beban maksimum terdapat pada V_f 1,5% dan mengalami peningkatan sebesar 56,64% dari V_f 0%.



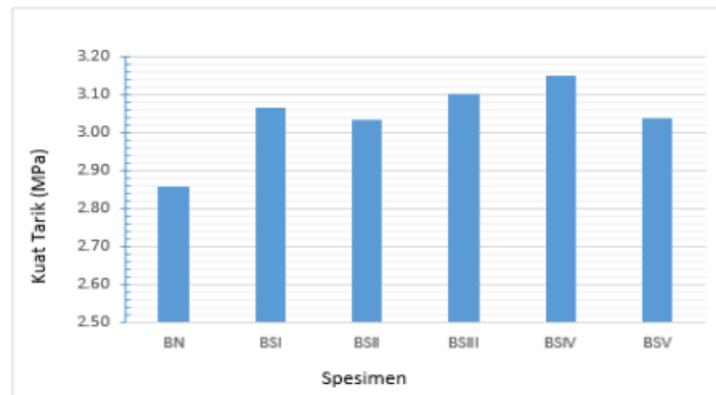
Gambar 9. Grafik hubungan volume fraksi terhadap kuat tekan beton.
(Putra, Noorhidana, Isneini (2020))

Pada pengujian kuat tarik lentur didapatkan Kuat lentur balok beton tertinggi terdapat pada volume fraction 1,5% yaitu sebesar 14,20 MPa. Peningkatan kuat lentur yang terjadi pada beton serat baja terhadap beton normal diakibatkan karena pada beton normal gaya lentur yang terjadi hanya ditahan oleh beton sendiri, sedangkan pada beton serat gaya tarik yang terjadi ditahan secara bersama-sama oleh beton dan serat baja.



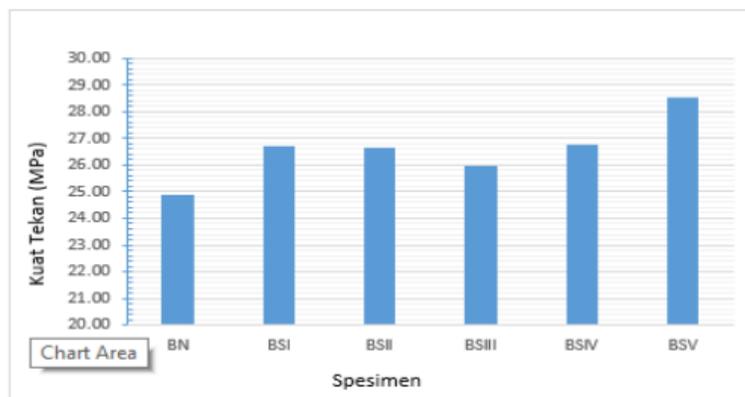
Gambar 10. Grafik hubungan volume fraksi terhadap kuat tarik lentur beton.
(Putra, Noorhidana, Isneini (2020))

Prijantoro, Wallah, Dapas (2018), meneliti kombinasi serat baja dan kawat bendrat pada beton normal. Variasi yang diteliti adalah 0%, 1% kawat bendrat dan 0% serat baja, 0% kawat bendrat dan 1% serat baja, 0,25% kawat bendrat dan 0,75% serat baja, 0,75% kawat bendrat dan 0,25% serat baja, 0,5% kawat bendrat dan 0,5% serat baja.



Gambar 11. Diagram hasil kuat tarik belah beton. (Prijantoro, Wallah, Dapas (2018))

Presentase tertinggi penambahan kuat tarik belah beton serat terhadap beton non serat dengan presentase 10.17% terdapat pada kombinasi campuran 0.75% bendrat dan 0.25% dramix 3D (BSIV) dengan nilai kuat tarik belah (fsp) = 3.15 Mpa.



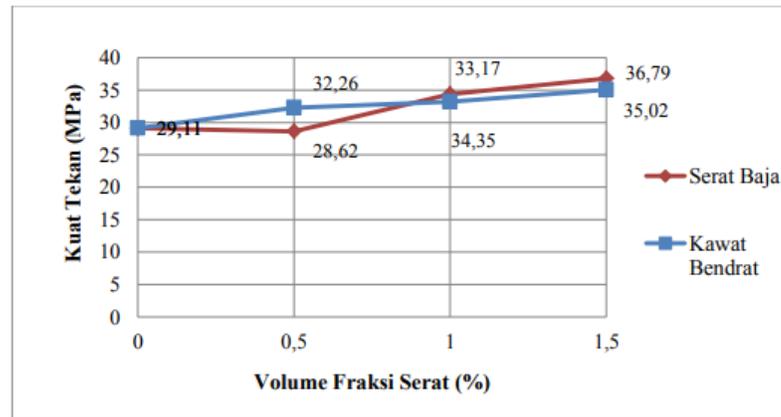
Gambar 12. Diagram hasil kuat tekan beton. (Prijantoro, Wallah, Dapas (2018))

Presentase tertinggi penambahan kuat tekan beton serat terhadap beton non serat dengan presentase 14.59% terdapat pada kombinasi campuran 0.5% bendrat dan 0.5% dramix 3D (BSV) dengan nilai kuat tekan ($f'c$) = 28.52 MPa. Penambahan dramix 3D dengan dikombinasikan kawat bendrat pada beton non serat dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

Anggraeni, Noorhidana, Irianti (2022), meneliti tentang penambahan serat baja 3D Dramix dan kawat bendrat pada beton alir atau SCC dengan V_f 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% pada masing – masing campuran.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan SCC pada umur 28 hari. Anggraeni, Noorhidana, Irianti (2022).

No.	Volume Fraksi Serat	Berat Benda Uji (Kg)	Beban (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kenaikan Kuat Tekan (%)
1.	0%	11,9310	514,13	29,11	-
2.	0,5% Baja	12,2517	505,50	28,62	-1,68
3.	1% Baja	12,3307	606,70	34,35	18,00
4.	1,5% Baja	12,5547	649,80	36,79	26,39
6.	0,5% K. Bendrat	12,2103	569,80	32,26	10,83
7.	1% K. Bendrat	12,2897	585,90	33,17	13,96
8.	1,5% K. Bendrat	12,3200	618,53	35,02	20,31

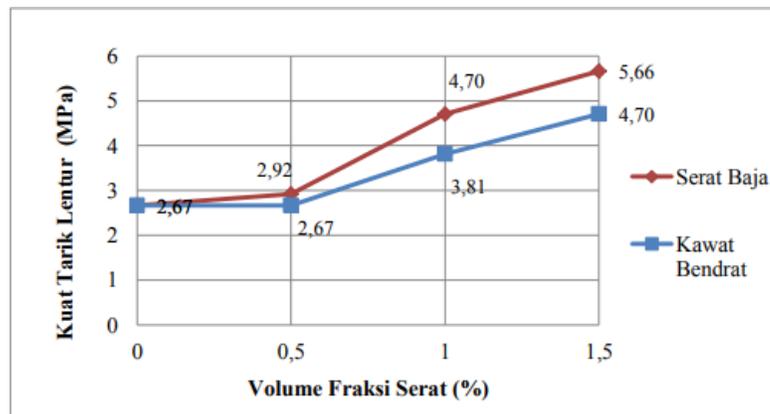


Gambar 13. Grafik hubungan antara volume fraksi serat dengan hasil pengujian kuat tekan SCC. (Anggraeni, Noorhidana, Irianti (2022))

Didapatkan peningkatan nilai kuat tekan optimum sebesar 26,39% pada campuran serat baja dengan V_f 1,5%, dan 20,31% pada campuran kawat bendrat dengan V_f 1,5% .

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur SCC pada umur 28 hari. Anggraeni, Noorhidana, Irianti (2022).

No.	Volume Fraksi Serat	Berat Benda Uji (Kg)	Beban (kN)	Kuat Tarik Lentur (Mpa)	Kenaikan Kuat Tarik Lentur (%)
1.	0%	9,0283	8,9004	2,6701	-
2.	0,5% Baja	8,8623	148,7455	2,9244	9,52
3.	1% Baja	9,1143	310,4454	4,7041	76,18
4.	1,5% Baja	9,7087	475,7667	5,6574	111,88
6.	0,5% K. Bendrat	9,1473	420,1000	2,6700	0,00
7.	1% K. Bendrat	9,4507	344,1000	3,8142	42,85
8.	1,5% K. Bendrat	9,4160	253,9000	4,7041	76,18



Gambar 14. Grafik hubungan antara volume fraksi serat dengan hasil pengujian kuat tarik lentur SCC. (Anggraeni, Noorhidana, Irianti (2022))

Peningkatan nilai kuat tarik lentur pada Vf 1,5% serat baja sebesar 111,88%, pada campuran kawat bendrat Vf 1,5% terjadi kenaikan nilai kuat tarik lentur optimum sebesar 76,18%. Kuat Tekan maksimum pada SCC terjadi pada saat penambahan serat baja 3D Dramix dan kawat bendrat dengan volume fraksi 1,5% . begitu juga pada kuat tarik belah dan kuat lentur, terjadi maksimum pada saat penambahan serat variasi 1,5%.

III. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan mengombinasikan serat baja 3D Dramix dan kawat bendrat pada SCC. Pada penelitian ini digunakan kombinasi campuran serat baja 3D Dramix dan kawat bendrat dengan variasi volume fraksi sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%. Pada variasi 0,5% dikombinasikan 0,25% kawat bendrat dan 0,25% serat baja, Pada variasi 1% dikombinasikan 0,25% kawat bendrat dan 0,75% serat baja, 0,75% kawat bendrat dan 0,25% serat baja, 0,5% kawat bendrat dan 0,75% serat baja. Pada variasi 1,5% dikombinasikan 0,5% kawat bendrat dan 1% serat baja, 0,75% kawat bendrat dan 0,75% serat baja, 1% kawat bendrat dan 0,5% serat baja, 1,5% kawat bendrat.

Penelitian ini menguji kuat tekan dan kuat lentur dengan jumlah 48 sampel. Dengan masing-masing dari pencampuran tersebut dibuat 3 buah sampel dari setiap kadar variasi kombinasi serat kawat bendrat dan serat baja. Pengujian kuat tekan menggunakan sampel silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan kuat tarik lentur menggunakan balok berukuran 100 x 100 x 400 mm.

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian pada Analisis Kombinasi Campuran Serat Baja dan Kawat Bendrat pada beton konvensional ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung yaitu di Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1 Gedong Meneng, Kota Bandar Lampung.

3.2. Peralatan

Alat yang digunakan pada penelitian ini :

1. Kontainer

Kontainer aluminium berbentuk persegi atau bundar digunakan untuk meletakkan dan menyimpan material sesuai dengan komposisi yang dibutuhkan.

2. Timbangan

Pada persiapan dan pelaksanaan penelitian ini menggunakan timbangan dengan kapasitas maksimum 30 kg dan ketelitian 0,1 gram untuk menimbang berat material agar sesuai dengan komposisi yang direncanakan.

3. Satu Set Saringan

Ukuran saringan 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, digunakan untuk memisahkan agregat kasar dan agregat halus agar modulus kehalusan pada setiap sampel sesuai yang direncanakan.

4. Oven

Oven yang digunakan mempunyai kapasitas suhu maksimum 110° C dengan daya sebesar 2800 Watt yang berfungsi untuk memanaskan dan mengeringkan material dan benda uji agar mendapatkan data sesuai keperluan.

5. Gelas Ukur

Gelas ukur berukuran 100 cc digunakan untuk alat ukur untuk memastikan berat superplasticizer sesuai dengan kebutuhan.

6. *Picnometer*

Picnometer digunakan untuk menguji berat jenis pada agregat halus.

7. *Concrete Mixer*

Concrete Mixer yang digunakan pada penelitian ini adalah molen mini dengan kapasitas maksimal yaitu $0,125 \text{ m}^3$ dengan kecepatan 20 - 30 putaran permenit yang berfungsi untuk mengaduk seluruh material campuran beton.

8. *Slump Test Apparatus*

Slump Test Apparatus terdiri dari 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 yang berfungsi untuk mengetahui kelecakan adukan beton.

9. Cetakan Benda Uji

Cetakan yang digunakan berbentuk balok dengan dimensi 10 cm x 10 cm x 40 cm untuk pengujian kuat tarik lentur dan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah.

10. Bak Perendam

Bak ini berfungsi untuk menjaga kelembaban beton dengan cara merendam beton dalam kurun waktu tertentu.

11. Compressing Testing Machine (CTM)

Mesin CTM yang digunakan pada penelitian ini memiliki kapasitas beban maksimal 3000 kN berfungsi sebagai alat uji kuat tekan untuk benda uji kubus, dan uji kuat tarik belah pada benda uji silinder.

12. Alat Bantu

Alat Bantu yaitu meteran, mistar, alat tulis, ember, sekop, sendok semen. Alat bantu ini berfungsi untuk memperlancar proses penelitian.

3.3. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini :

1. Air

Air yang digunakan selama proses penelitian ini didapatkan dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung.

2. Semen

Pada pembuatan SCC ini menggunakan semen PCC (*Portland Composite Cement*) tipe 1 dengan merk dagang Semen Padang.

3. Agregat Halus

Pada penelitian ini dilakukan pengujian agregat halus sesuai ASTM seperti uji kadar air, uji berat jenis, uji kadar lumpur, uji zat organis. Agregat halus yang digunakan berasal dari Gunung Sugih, Lampung Tengah.

4. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini beukuran gradasi 1-2. Agregat kasar pada penelitian ini digunakan batu pecah berasal dari Tanjungan, Lampung Selatan.

5. *Superplastisizer*

Kadar kandungan *superplasticizer* yang digunakan dalam adukan SCC adalah 2% dari berat semen yang digunakan. *Superplasticizer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *superplasticizer* HRWR M261 tipe F.

6. Serat

Serat yang digunakan dalam penelitian kali ini ada dua, yaitu kawat bendrat dengan diameter 0,8 dan panjang 30 mm dan juga serat baja 3D Dramix dengan rasio 80 (Panjang 30 mm dengan diameter 0,75 mm),

3.4. Prosedur Pelaksanaan

Prosedur pelaksanaan pada penelitian ini dibagi menjadi pemeriksaan material, perencanaan *Mix Design Self Compacting Concrete*, pembuatan sampel benda uji, perawatan benda uji, dan kemudian pengujian sampel benda uji SCC.

3.4.1. 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 organis agregat halus (ASTM C 40-92)
5. Pengujian gradasi agregat halus (ASTM C 33-93)
6. Berat Volume agregat halus (ASTM C 29)

3.4.2. Perencanaan *Mix Design*

Mix Design dalam pelaksanaan campuran beton bertujuan untuk menentukan komposisi campuran antara air, semen, agregat halus, agregat kasar didalam proses pembuatan adukan beton dengan kekuatan tertentu. Perencanaan *mix design* ini diterapkan pada seluruh sampel yang akan

dibuat untuk menjaga keseragaman pada keseluruhan sampel agar dapat diketahui dengan pasti bagaimana hasil kombinasi campuran variasi kawat bendrat dan serat baja terhadap kuat tekan. Pada perancangan campuran SCC ini dilakukan dengan menggunakan metode *British* yang kemudian komposisinya disesuaikan dengan syarat yang sesuai dengan metode DoE (*British*).

3.4.3. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dihasilkan sebanyak total 48 sampel, dengan benda uji silinder dan ukuran benda uji silinder yaitu diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tekan. Semua sampel dilakukan pada pengujian di hari ke 28, dengan keterangan sebagai berikut:

Tabel 3. Variasi Sampel Pada Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur.

VF Serat Kawat Bendrat & Serat Baja	Spesi-men	Jenis Serat	Kadar Serat	Jumlah Benda Uji Kuat Tekan	Jumlah Benda Uji Kuat Tarik	
0%	BN	Tanpa Serat	0%	3	3	
1,0%	BSI	Kawat Bendrat	0,5%	3	3	
		3D Dramix	0,5%			
	BSII	Kawat Bendrat	0,75%	3	3	
		3D Dramix	0,25%			
	BSIII	Kawat Bendrat	1,0%	3	3	
	BSIV	3D Dramix	1,0%	3	3	
	1,5%	BSV	Kawat Bendrat	1,25%	3	3
			3D Dramix	0,25%		
BSVI		Kawat Bendrat	1,0%	3	3	
		3D Dramix	0,5%			
BSVII	Kawat Bendrat	1,5%	3	3		

3.4.4. Perawatan terhadap 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.

3.4.5. Pengujian Sampel benda uji

Pada penelitian kali ini, sampel benda uji ini akan dilakukan 2 pengujian, yaitu pengujian Kuat tekan beton, kuat tarik belah 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.

$$\text{Massa volume beton} = \frac{\text{Berat beton}}{\text{Volume beton}} \dots\dots\dots (1)$$

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

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

P = Beban maksimum (KN)

A = Luas penampang silinder (mm^2)

b) Kuat Tarik Belah

Kuat lentur beton merupakan 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). Kuat lentur dapat diteliti dengan membebani balok pada tengah-tengah bentang atau pada setiap sepertiga bentang dengan beban titik $\frac{1}{2} P$. Beban ditingkatkan sampai kondisi balok mengalami keruntuhan lentur, dimana retak utama yang terjadi terletak pada sekitar tengah-tengah bentang. Nilai kuat lentur beton dapat dihitung dengan Persamaan:

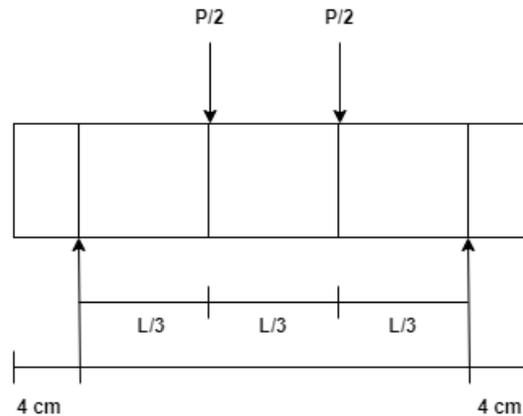
$$\sigma t = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

σt = Kuat tarik lentur benda uji (MPa)

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

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



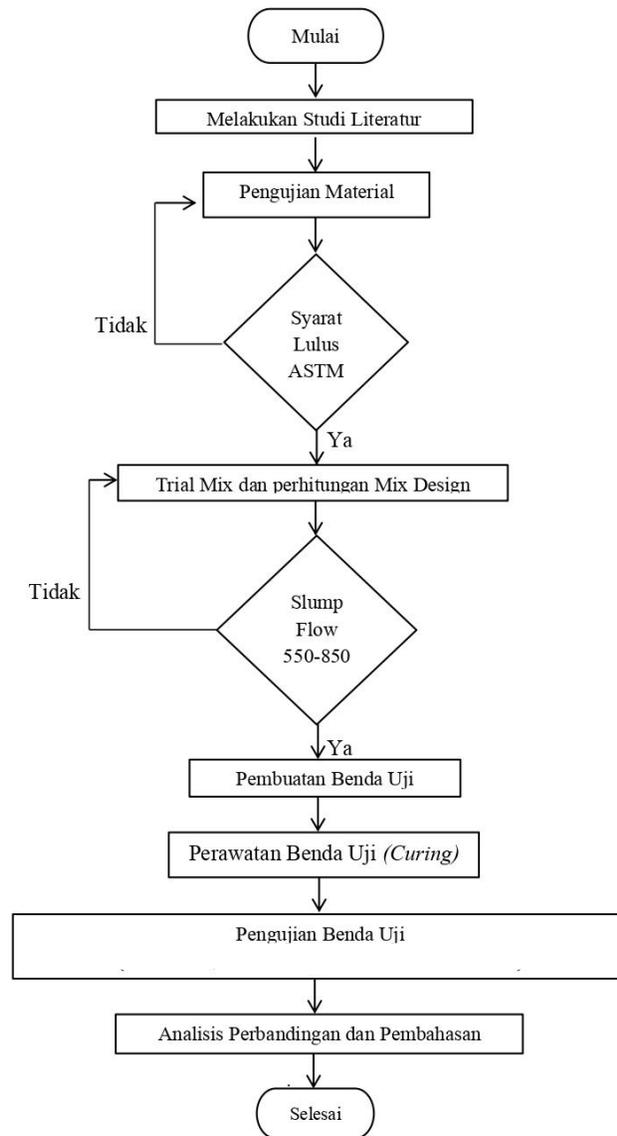
Gambar 15. Perletakan dan pembebanan kuat tarik lentur.

3.4.6. Analisis hasil pengujian

Analisis hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung berat volume beton untuk benda uji silinder ukuran 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tekan, pada masing masing sampel. Menghitung berat volume dilakukan dengan cara berat beton dibagi dengan volume beton seperti pada persamaan 1 pada subbab 3.3.6 Pelaksanaan Pengujian.
2. Menghitung kuat tekan beton untuk benda uji silinder ukuran 150 mm dan tinggi 300 mm seperti pada persamaan 2 .
3. Menghitung kuat tarik lentur beton pada benda uji balok ukuran 400 x 100 x 100 mm seperti pada persamaan 3.
4. Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik lentur beton dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi kombinasi antara serat baja dan serat kawat bendrat terhadap hasil kuat tekan, kemudian menganalisisnya.
5. Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik berbagai variasi kombinasi antara serat baja dan serat kawat bendrat dapat dibuat grafik hubungan kuat tekan beton non serat dengan beton serat.

3.5. Diagram Alir



Gambar 16. Diagram Alir.

V. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

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

1. Penambahan serat mengurangi *filling ability* pada SCC. Semakin banyak jumlah persentase penambahan serat pada beton maka semakin kecil pula nilai *slumpflow*. Berbanding terbalik dengan nilai T50, semakin banyak jumlah persentase penambahan serat pada beton maka semakin besar nilai T50 pada beton SCC, dengan demikian semakin lama proses aliran pada beton.
2. Kuat tekan maksimum didapatkan pada BSV yaitu kombinasi 0,25% 3D Dramix dan 1,25% kawat bendrat dengan kenaikan kuat tekan sebesar 15,04% dengan nilai kuat tekan 39,41 MPa jika dibandingkan dengan beton normal sebesar 34,26 MPa.
3. Kuat tarik lentur maksimum didapatkan pada BSV yaitu kombinasi 0,25% 3D Dramix dan 1,25% kawat bendrat mengalami kenaikan kuat lentur sebesar 1206.5% dengan nilai kuat lentur 11,53 MPa jika dibandingkan dengan kuat lentur beton normal sebesar 0,88 MPa.
4. Dapat disimpulkan bahwa penambahan kombinasi 3D dramix dan kawat bendrat dengan kombinasi yang pas pada SCC menghasilkan beton dengan nilai kuat tekan dan kuat tarik lentur yang lebih baik jika dibandingkan dengan beton normal.

5.2. Saran

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

1. Perlu dilakukan penelitian tentang kombinasi kawat bendrat dan 3D Dramix dengan variasi ukuran panjang serat yang berbeda terhadap SCC.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan kombinasi serat lain pada SCC.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 494-81. *Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete*. United States.
- ASTM C-33. *Standard Specification for Concrete Aggregates*. United States.
- Anggraeni, Noorhidana, Isneini., 2022, *Analisis Perbandingan Pengaruh Campuran Kawat Bendrat dan Serat Baja pada Self Compacting Concrete (SCC)*, JRSDD, Edisi Juni 2022 Vol. 9, No. 3, Hal:1 – 11, Universitas Lampung.
- Dennis, dkk. 2017. Pengaruh Penambahan Serat Baja 4D Dramix Terhadap Kuat Tekan, Tarik Belah, Dan Lentur Pada Beton. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. Vol.6, No. 2.
- European Federation of National Associations Representing for Concrete*, 2005. *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete*.
- Gabriella, Fauzie, Azhar. 2017. Pengaruh Penambahan Serat Baja pada Beton Self Compacting Concrete Mutu Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 14 No 2. Universitas gadjah Mada, Yogyakarta.
- 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).
- Nugraha, Ikhsan Dwipayana.2018. Studi Karakteristik Beton Serat Kawat Bendrat. Universitas Hassanudin, Sulawesi Selatan.
- Prijantoro, Wallah, Dapas (2018). *Perilaku Mekanis Beton Serat Dengan Kombinasi Kawat Bendrat Dan Dramix 3d*, *Jurnal Sipil Statik* Vol.6 No.12, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Putra, Noorhidana, Isneini (2020). *Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang pada Beton Mutu Normal*, JRSDD, Edisi Juni 2020 Vol. 8, No. 2, Hal:367 – 384, Universitas Lampung.

- Rasjidi, 2001. *Optimalisasi Penggunaan Bendrat Melalui Pengujian Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Serat*, Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- SNI 15-7064-2004. 2004. *Semen Portland Komposit*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 1974:2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2847-2013. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 4431. 2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Sudarmoko, 1991. *Kuat Lentur Beton Serat dengan Model Skala Penuh*, Laporan Penelitian, Yogyakarta.
- Sugiyanto, Sebayang, S. 2005. *Teknologi Bahan*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Thomas J, Ramaswamy A, *Mechanical Properties of Steel Fiber-Reinforced Concrete*, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 19, No. 5, May 2007, pp. 385-392.
- Tjokrodimuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. (2012). *Teknologi Beton*. Yogyakarta. Biro Penerbit KMTS FT
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri: Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, K., (1996). *Teknologi Beton*, Penerbit Nafiri, Jakarta, Indonesia.