

TUGAS AKHIR

**PERILAKU MEKANIK BETON SCC DENGAN VARIASI
PENAMBAHAN SERAT NYLON**

***SCC CONCRETE MECHANICAL BEHAVIOR WITH NYLON
FIBER ADDITION VARIATIONS***

**UQBAH KHUTAIBAH
D111 16 525**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2020**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu, 92172, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan
☒ <http://civil.unhas.ac.id> ☒ civil@eng.unhas.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Judul Tugas Akhir

**PERILAKU MEKANIK BETON SCC DENGAN VARIASI PENAMBAHAN
SERAT NYLON**

Disusun oleh

UQBAH KHUTAIBAH

D111 16 525

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr.Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

NIP: 197206192000122001

Ariningsih Suprpti, ST, MT

NIP: 197307122000032002

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Sipil



Prof. Dr. H. M. Waharudin Tjaronge, ST, MEng

NIP: 196805292001121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Uqbah Khutaibah, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul ” **Perilaku Mekanik Beton SCC Dengan Variasi Penambahan Serat *Nylon***”, adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 20 November 2020

Yang membuat pernyataan,



Uqbah Khutaibah
NIM: D111 16 525

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'aalamin, Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "**PERILAKU MEKANIK BETON SCC DENGAN VARIASI PENAMBAHAN SERAT NYLON**", sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa di dalam tugas akhir yang sederhana ini terdapat banyak kekurangan dan sangat memerlukan perbaikan secara menyeluruh. Tentunya ini disebabkan keterbatasan ilmu serta kemampuan yang dimiliki penulis, sehingga dengan segala keterbukaan penulis mengharapkan masukan dari semua pihak. Tentunya tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat. Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari tangan-tangan berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan, baik berupa materi maupun dorongan moril.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya tugas akhir ini berkat bantuan dari berbagai pihak, utamanya dosen pembimbing:

Pembimbing I : Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T.

Pembimbing II: Ariningsih Suprapti, S.T., M.T.

Dengan segala kerendahan hati, penulis juga ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada:

1. kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda dan ibunda **Ir. Hasan Basri Amir, M.Si, Suriani Syam** dan saudara-saudari saya atas doa dan kasih sayang yang diberikan kepada saya dan bantuan serta dukungan baik secara moral maupun materi, serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan.
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Muh. Arsyad Thaha, MT.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Prof. Dr. Muh. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng.**, selaku ketua Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu **Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T.**, selaku dosen pembimbing I atas segala kesabaran, waktu serta nasihat yang telah diluahkan untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian ini hingga terselesainya penulisan tugas akhir ini.
5. Ibu **Ariningsih Suprapti, S.T., M.T.**, selaku dosen pembimbing II, yang telah meluahkan waktunya memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesainya penulisan tugas akhir ini.

6. Bapak **Prof. Dr. Rudy Djamaluddin, ST, M.Eng**, selaku Kepala Laboratorium dan Riset Rekayasa dan Perkuatan Struktur yang menghimpun dan mewadahi mahasiswa dalam menyelesaikan program studi.
7. Bapak **Dr.Eng. A. Arwin Amiruddin, S.T., M.T.**, selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Struktur dan Bahan yang senantiasa memfasilitasi mahasiswa untuk bisa melakukan penelitian dengan baik dan benar sehingga tugas akhir ini dapat terlaksana dengan lancar.
8. Seluruh dosen, *staff* dan karyawan Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
9. Bapak **Dr. Eng. Fakhruddin, S.T., M.Eng.** selaku dosen yang telah memberikan dorongan dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir.
10. Teman-teman **PATRON 2017 (Teknik Sipil dan Lingkungan 2016)**, yang senantiasa menemani keseharian di kampus. *Keep on Fighting Till The End.*
11. Teman seperjuangan dalam menyelesaikan tugas akhir ini **Anselia Apriliani Nani** yang selalu menjadi tempat diskusi yang baik dan memberikan bantuan serta selalu hadir dalam penelitian.
12. **Kak Munadrah, Kak Nunu, Kak Askar, Kak Fahri, Kak Mardis, Kak Saddam, Pak Kusnadi**, sosok yang selalu memberikan masukan, ajaran, dan senantiasa mendampingi serta membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.
13. Rekan-rekan Perjuangan 2016, **Zulfadli, Teguh, Erli, Indra, Imam, Mudhatsir, Uli, Halima, Ria, Tarmizi, Fadly Bur, Rifqi, Mustagfirin, Dhede, Irfandu, Heru, Bella, Fahrega dan Fera** yang senantiasa memberi semangat menyelesaikan tugas akhir ini.
14. Teman-teman *Phoenix*, **Muh. Fauzan Al-Baany, Muh. Nashrullah A.R., Anugrah Pratama, Ariq N.R., Nurzainul Zaki, Sabda Rahmat**, yang selalu menemani penulis dan memberi support yang lebih dalam menyelesaikan penelitian ini.
15. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tulisan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kepada para pembaca, kiranya dapat memberikan sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan Rahmat-Nya kepada kita, dan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Makassar, 20 November 2020

Penulis

ABSTRAK

Beton adalah bahan konstruksi yang paling banyak dipakai secara luas karena memiliki kelebihan yang dimiliki seperti mudah dalam pengerjaan (*workability*), memiliki kuat tekan yang tinggi, ekonomis dalam hal pembuatan dan perawatan. Namun terdapat beberapa kelemahan yang diperoleh dari penggunaan beton seperti kuat tarik yang rendah, mudah retak dan bersifat getas (*brittle*). Maka dari itu diperlukan penambahan serat pada beton agar meningkatkan daktilitas dan penggunaan beton SCC untuk menjaga *workability* setelah penambahan serat.

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian perilaku mekanik dan pengamatan pola retak dan distribusi serat pada beton serat SCC menggunakan serat *nylon* jenis monofilament. Perilaku mekanik yang dimaksud berupa pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas, dan kuat lentur. Metode pengujian karakteristik dan perilaku mekanik beton serat SCC berdasarkan standar ASTM dan SNI serta *mix design* dan pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar EFNARC. Jumlah sampel beton yang dibuat sebanyak 135 benda uji terdiri dari 54 benda uji untuk pengujian kuat tekan diumur 7 dan 14 hari, 27 benda uji untuk pengujian modulus elastisitas diumur 28 hari, 27 benda uji untuk pengujian kuat tarik belah dan 27 benda uji untuk pengujian kuat lentur. Sampel beton tersebut memiliki variasi yang terdiri dari penambahan serat 0,5% dan 1%, diameter serat 0,65 mm dan 0,35 mm, dan panjang serat 15 mm dan 20 mm.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kuat tekan beton rata-rata dari umur 7 hari hingga 28 hari pada penambahan serat 0,5% ke 1% dan panjang serat 15 mm ke 20 mm secara beruntun dengan kuat tekan optimum terdapat pada variasi diameter 0,65 mm, panjang 15 mm, dan penambahan serat 1% sebesar 54,93 MPa. Nilai kuat tarik belah, kuat lentur dan modulus elastisitas meningkat seiring dengan pertambahan persentase serat, diameter serat dan panjang serat. Pola retak yang diperoleh pada pengujian kuat tekan beton kecenderungan berbentuk kehancuran kolumnar.

Kata Kunci : SCC, *Nylon*, Kuat Tekan, Modulus Elastisitas, Distribusi Serat

ABSTRACT

Concrete is a construction material that is most widely used because it has advantages such as easy workability, high compressive strength, economical construction and maintenance. However, there are several disadvantages obtained from the use of concrete such as low tensile strength, easy cracking and brittle character. Therefore, it is necessary to add fiber to the concrete to increase ductility and to use SCC concrete to maintain workability after adding fiber.

In this study, the mechanical behavior testing and the observation of crack patterns and fiber distribution were carried out in SCC fiber concrete using monofilament nylon fiber. The mechanical behavior referred to in the form of testing compressive strength, split tensile strength, modulus of elasticity, and flexural strength. The method of testing the characteristics and mechanical behavior of SCC fiber concrete based on ASTM and SNI standards as well as mix design and slump testing is carried out based on EFNARC standards. The number of concrete samples made was 135 specimens consisting of 54 specimens for testing the compressive strength at 7 and 14 days, 27 specimens for testing the modulus of elasticity at 28 days, 27 specimens for split tensile strength testing and 27 specimens for strength testing. pliable. The concrete sample has variations consisting of the addition of 0.5% and 1% fiber, fiber diameter 0.65 mm and 0.35 mm, and fiber lengths of 15 mm and 20 mm.

From the test results show that there is an increase in the average compressive strength of concrete from the age of 7 days to 28 days at the addition of 0.5% to 1% fiber and a fiber length of 15 mm to 20 mm in a row with the optimum compressive strength found in diameter variations of 0, 65 mm, length 15 mm, and the addition of 1% fiber is 54.93 MPa. The value of split tensile strength, flexural strength and modulus of elasticity increased with the increase in fiber percentage, fiber diameter and fiber length. The crack pattern obtained in the concrete compressive strength test tends to be in the form of columnar destruction.

Keyword : SCC, Nylon, Compression Strength, Modulus Of Elasticity, Fiber Distribution

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	5
E. Batasan Penelitian	5
F. Sistematka Penulisan.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Beton	7
B. <i>Self Compacting Concrete</i>	8
C. Beton Serat	9
D. Bahan Penyusun Beton.....	13
D.1 Semen	13
D.2 Agregat	14
D.2.1 Agregat Kasar.....	15
D.2.2 Agregat Halus.....	16
D.3 Air	17
D.4 <i>Nylon</i>	18
D.4.1 Serat <i>Nylon</i>	18
D.4.2 Serat Polymeric	19
D.4.3 <i>Nylon</i> Monofilament.....	21
D.5 <i>Superplasticizer</i>	23

E. Kekuatan Beton.....	24
E.1 Kuat Tekan.....	25
E.2 Kuat Tarik Belah.....	25
E.3 Modulus Elastisitas	26
E.4 Kuat Lentur	28
F. Pola Retak dan Kehancuran.....	29
G. Distribusi dan Jumlah Serat Pada Beton.....	30
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	32
A. Rancangan Penelitian	32
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	34
C. Alat dan Bahan Penelitian	35
D. Pemeriksaan Material.....	35
E. Metode <i>Mixing</i>	37
F. Metode Pemeriksaan <i>Slump Test</i>	38
G. Desain Benda Uji.....	39
H. Metode Perawatan	41
I. Pengujian Benda Uji.....	41
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	47
A. Karakteristik Agregat	47
B. Gradasi Gabungan Agregat.....	48
C. Hasil Pengujian Beton	49
C.1 <i>Slump Test</i>	49
C.2 Berat Volume Beton.....	49
D. Analisa Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Modulus Elastisitas Beton, dan Kuat Lentur	52
D.1 Kuat Tekan Beton	52
D.2 Modulus Elastisitas Beton.....	55
D.3 Kuat Tarik Belah Beton.....	57
D.4 Kuat Lentur Beton.....	59
E. Pola Retak.....	62

F. Distribusi Serat.....	63
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	68
A. Kesimpulan.....	68
B. Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Interaksi Antara Serat Dan Matrik Yang Tidak Retak (Balaguru and Shah, 1992)	11
Gambar 2.2 Interaksi Antara Serat Dan Matrik Yang Retak (Balaguru and Shah, 1992)	12
Gambar 2.3 Perilaku Kurva Tegangan Regangan Beton Serat (Balaguru and Shah, 1992)	20
Gambar 2.4 Pola Kehancuran Berdasarkan SNI 1974-2011	29
Gambar 2.5 (a) Sketsa Penghitungan Jumlah Serat pada Benda Uji Balok, (b) Sketsa Penghitungan Jumlah Serat pada Benda Uji Silinder (Saifudin et. al, 2015).....	31
Gambar 3.1 Diagram Alir Rancangan Penelitian	34
Gambar 3.2 Agregat Dan Serat <i>Nylon</i> Yang Digunakan.....	36
Gambar 3.3 Proses Pengadukan Campuran Beton Serat SCC.....	38
Gambar 3.4 Benda Uji Silinder.....	40
Gambar 3.5 Benda Uji Balok.....	40
Gambar 3.6 Proses <i>Curing</i> Dalam Bak Perendam	41
Gambar 3.7 <i>Universal Test Machine</i>	42
Gambar 3.8 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	43
Gambar 3.9 Pengujian Modulus Elastisitas Beton	44
Gambar 3.10 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	45
Gambar 3.11 Pengujian Kuat Lentur Beton	45
Gambar 4.1 Pengujian <i>Slump Flow</i>	50
Gambar 4.2 Berat Volume Rata-Rata Beton SCC Silinder	51
Gambar 4.3 Berat Volume Rata-Rata Beton SCC Balok	52
Gambar 4.4 Kuat Tekan Rata-Rata Beton SCC Normal Dan Beton SCC Dengan Penambahan Serat <i>Nylon</i> 0,5% Pada Umur 3 Hari, 7 Hari, Dan 28 Hari	53

Gambar 4.5 Kuat Tekan Rata-Rata Beton SCC Normal Dan Beton SCC Dengan Penambahan Serat <i>Nylon</i> 1% Pada Umur 3 Hari, 7 Hari, Dan 28 Hari	53
Gambar 4.6 Kuat Tekan Rata-Rata Beton SCC Dengan Penambahan Serat <i>Nylon</i> 0,5% Dan 1% Pada Umur 28 Hari	54
Gambar 4.7 Hubungan Tegangan Regangan Rata-Rata Beton Umur 28 Hari Pada Penambahan Serat <i>Nylon</i> 0,5%.....	55
Gambar 4.8 Hubungan Tegangan Regangan Rata-Rata Beton Umur 28 Hari Pada Penambahan Serat <i>Nylon</i> 1%.....	56
Gambar 4.9 Histogram Kuat Tarik Belah Rata-Rata Beton Umur 28 Hari	58
Gambar 4.10 Kuat Lentur dengan Variasi Kadar Serat <i>Nylon</i> , Diameter dan Panjang pada Umur 28 Hari	60
Gambar 4.11 Kuat Lentur Rata-rata dengan Variasi Kadar Serat <i>Nylon</i> , Diameter dan Panjang pada Umur 28 Hari	60
Gambar 4.12 Pengujian Kuat Lentur.....	62
Gambar 4.13 Pola Retak Sampel Silinder.....	62
Gambar 4.14 Pengujian Distribusi Serat <i>Nylon</i>	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengaruh sifat agregat pada sifat beton.	14
Tabel 2.2 Syarat gradasi agregat sesuai ASTM C33	15
Tabel 2.3 Gradasi Agregat Halus.....	16
Tabel 2.4 Karakteristik Serat <i>Nylon</i> (Steven, 1995)	20
Tabel 2.5 Kuat Tarik Nilon Monofilament (Line winder N402 Copolymer Monofilament)	22
Tabel 3.1 Metode Pengujian Karakteristik Agregat	36
Tabel 3.2 Variasi Benda Uji.....	40
Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus Dan Kasar	47
Tabel 4.2 Komposisi Campuran Beton SCC kondisi SSD Untuk 1 M ³	48
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Nilai <i>Slump</i>	49
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat volume beton SCC Silinder Rata-Rata .	51
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat volume beton SCC Balok Rata-Rata. ...	51
Tabel 4.6 Modulus Elastisitas Beton dengan Serat <i>Nylon</i> 0,5%	57
Tabel 4.7 Modulus Elastisitas Beton dengan Serat <i>Nylon</i> 1%	57
Tabel 4.9 Perbandingan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton SCC Dengan Penambahan Serat <i>Nylon</i> 0,5%	58
Tabel 4.10 Perbandingan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton SCC Dengan Penambahan Serat <i>Nylon</i> 1%	58
Tabel 4.11. Distribusi Serat <i>Nylon</i> Pada Beton Silinder.....	65
Tabel 4.12. Distribusi Serat <i>Nylon</i> Pada Beton Balok.....	66
Tabel 4.13. Perbandingan Jumlah Serat <i>Nylon</i> Dengan Kuat Tarik Beton.	66
Tabel 4.14. Perbandingan Jumlah Serat <i>Nylon</i> Dengan Kuat Lentur Beton..	67

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada saat ini, perkembangan sains dan teknologi sangat pesat seiring dengan penyesuaian kebutuhan manusia yang terus meningkat. Salah satunya dapat dilihat dari perkembangan teknologi dibidang konstruksi. Pembangunan dalam bidang konstruksi di era modern menunjukkan perkembangan yang signifikan, diantaranya dalam pembangunan jembatan, terowongan, perumahan, gedung perkantoran, rumah sakit, pusat perbelanjaan dan sebagainya. Bagian terpenting dari hal tersebut salah satunya dilihat dari kualitas beton itu sendiri.

Beton adalah bahan konstruksi yang paling banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan, diperoleh dengan cara mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen, dan air. Untuk mendapatkan beton yang direncanakan, campuran material beton dapat ditambah dengan menggunakan bahan *admixture (additive)*. Penggunaan bahan *admixture (additive)* pada beton sangat tergantung pada tujuan pembuatan konstruksi yang direncanakan. Kelebihan yang dimiliki dari seperti mudah dalam pengerjaan (*workability*), memiliki kuat tekan yang tinggi, ekonomis dalam hal pembuatan dan perawatan. Namun terdapat beberapa kelemahan yang diperoleh dari penggunaan beton seperti kuat tarik yang rendah, mudah retak dan bersifat getas (*brittle*).

Dari kelemahan tersebut diperlukan penelitian material baru sebagai bahan tambah dari beton sehingga mampu meminimalisir kekurangan yang

dimiliki dari beton serta dapat bersifat daktail. Salah satu material yang dapat dicampurkan sebagai bahan substitusi dengan menggunakan serat pada beton. Alasan utama penambahan serat pada beton adalah untuk menaikkan kapasitas penyerapan energi dari matrik campuran, yang berarti meningkatkan daktilitas beton. Penambahan daktilitas juga berarti penambahan perilaku beton terhadap lelah (*fatigue*) dan kejut (*impact*).

Beton yang ditambah serat dalam prosentase volume tertentu mempunyai sifat yang lebih daktail dibandingkan dengan beton tanpa serat (Antonius & Setiyawan 2006, *Cemen & Concrete Institute* 2010). Dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat akhir-akhir ini, beton berserat dengan kuat tekan mutu normal hingga mutu tinggi telah dapat dihasilkan (Santos dkk. 2009), sehingga banyak memberi manfaat dalam desain elemen struktur tahan gempa. Permasalahan workabilitas pada beton berserat juga dapat diatasi dengan menambahkan bahan tambah seperti *Superplasticizer* ataupun *Viscocrete* dengan dosis tertentu sehingga dapat dihasilkan campuran beton yang mempunyai kelecakan sangat baik (Sampebulu 2012).

Dalam hal ini, serat-serat yang ditambahkan mampu menjadi tulangan mikro yang tersebar secara acak dalam beton. Sehingga beton tidak mengalami keretakan dini pada saat pembebanan. Salah satu jenis serat yang dapat digunakan ialah serat *polymeric* berupa *nylon*. *Nylon* adalah sebutan umum untuk keluarga polimer sintetik yang dikenal umum sebagai poliamida yang memiliki karakteristik dan sifat yang baik pada

durability, kuat dan tahan terhadap gesekan serta memiliki daya mulur yang besar.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Shanti Wahyuni Megasari, Gusneli Yanti dan Zainuri (2016) dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik pada beton menggunakan substitusi serat *nylon* dan *polimer concrete* (polcom) dengan variasi 0%; 0,1%; 0,2% dan 0,3%. Dari hasil pengujian terjadi peningkatan nilai kuat tekan beton rata-rata pada penambahan serat 0%; 0,1%; 0,2% dan 0,3% secara berurutan yaitu 33,011%; 3,379%; 4,281%; dan 2,985% dibandingkan dengan benda uji tanpa polcon. Sedangkan pada hasil pengujian kuat tarik belah beton diperoleh peningkatan nilai kuat tarik belah pada penambahan serat 0%; 0,1%; 0,2% dan 0,3% secara berurutan yaitu 19,998 %; 0%; 5,555% dan 9,090% dibandingkan dengan benda uji tanpa polcon.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini menggunakan serat *nylon* sebagai *substitusi* tambah pada beton SCC (*Self Compacting Concrete*) dengan variasi panjang serat 15 mm dan 20 mm, diameter 0,35 mm dan 0,65 mm serta penambahan volume serat sebanyak 0,5 % dan 1 % terhadap volume semen. Dalam hal ini penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh perilaku mekanik beton SCC dengan penambahan serat *nylon*.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penulis merasa perlu melakukan penelitian dengan judul **“PERILAKU MEKANIK BETON SCC DENGAN VARIASI PENAMBAHAN SERAT NYLON”**.

B. Rumusan masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana perilaku mekanik (kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas) pada beton SCC yang menggunakan variasi tambahan serat *nylon*.
2. Bagaimana pola retakan serta distribusi serat *nylon* dalam beton SCC.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengevaluasi perilaku mekanik (kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas) pada beton SCC yang menggunakan variasi tambahan serat *nylon*.
2. Mengidentifikasi pola retakan serta distribusi serat *nylon* dalam beton SCC.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat referensi dalam memilih variasi yang paling optimal pada beton SCC yang menggunakan variasi tambahan serat *nylon*.

E. Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan serat *nylon*.
2. *Superplasticizer* yang digunakan adalah Viscocrete 3115N
3. Variabel yang digunakan dalam penelitian berupa variasi panjang serat 15 mm dan 20 mm, diameter 0,35 mm dan 0,65 mm serta penambahan volume serat sebanyak 0,5 % dan 1 % terhadap volume beton.
4. Pengujian dilakukan saat umur hidrasi sampel mencapai 7, 14, dan 28 hari.

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Pendahuluan memuat suatu gambaran secara singkat dan jelas tentang latar belakang mengapa penelitian ini perlu dilaksanakan. Dalam pendahuluan ini juga memuat rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan mengenai konsep teori yang relevan dan memberikan gambaran mengenai metode pemecahan masalah yang akan digunakan pada penelitian ini.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini menyajikan tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan penelitian, benda uji, dan prosedur penelitian.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijabarkan hasil analisis perilaku mekanik (kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas) pada beton SCC yang menggunakan variasi tambahan *nylon*.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup dari keseluruhan penulisan tugas akhir yang berisi tentang kesimpulan yang disertai dengan saran-saran mengenai keseluruhan penelitian maupun untuk penelitian yang akan datang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk.

Pada dasarnya, beton terdiri dari agregat, semen hidrolis, air, dan boleh mengandung bahan bersifat semen lainnya dan atau bahan tambahan kimia lainnya. Beton dapat mengandung sejumlah rongga udara yang terperangkap atau dapat juga rongga udara yang sengaja dimasukkan melalui penambahan bahan tambahan. Bahan tambahan kimia sering digunakan untuk mempercepat, memperlambat, memperbaiki sifat kemudahan pengerjaan (*workability*), mengurangi air pencampur, menambah kekuatan, atau mengubah sifat-sifat lain dari beton yang dihasilkan.

Beberapa bahan bersifat semen seperti abu terbang, pozolan alam / tras, tepung terak tanur tinggi dan serbuk silika dapat digunakan bersama-sama dengan semen hidrolis untuk menekan harga atau untuk memberikan sifat-sifat tertentu seperti misalnya untuk mengurangi panas hidrasi awal, menambah perkembangan kekuatan akhir, atau menambah daya tahan terhadap reaksi alkali-agregat atau serangan sulfat, menambah kerapatan,

dan ketahanan terhadap masuknya larutan-larutan perusak (SNI 7656:2012).

Kualitas beton yang dihasilkan dari campuran bahan-bahan dasar penyusun beton meliputi kekuatan dan keawetan. Sifat-sifat sangat ditentukan oleh sifat penyusunnya, cara pengadukan, cara pengerjaan selama penuangan adukan beton ke dalam cetakan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan. Beton mempunyai karakteristik yang spesifikasinya terdiri dari beberapa bahan penyusun.

B. *Self Compacting Concrete*

Self Compacting Concrete (SCC) adalah suatu beton yang ketika masih berbentuk beton segar mampu mengalir melalui tulangan dan memenuhi seluruh ruang yang ada didalam cetakan secara padat tanpa ada bantuan pemadatan manual atau getaran mekanik (Tjaronge et.al 2006 dan Hartono, et.al 2007).

Secara umum *Self Compacting Concrete* merupakan varian beton yang memiliki tingkat derajat pengerjaan (*workability*) tinggi dan juga memiliki kekuatan awal yang besar, sehingga membutuhkan faktor air semen yang rendah.

Sugiharto et.al (2001 dan 2006), untuk mendapatkan campuran beton dengan tingkat workabilitas dan kekuatan awal yang tinggi, perlu diperhatikan hal-hal berikut: - Agregat kasar dibatasi jumlahnya sampai kurang lebih 50% dari campuran beton. - Pembatasan jumlah agregat halus

kurang lebih 40% dari volume beton. - Penggunaan superplasticizer pada campuran beton untuk tingkat workability yang tinggi sekaligus menekan factor air semen untuk mendapatkan kekuatan awal yang besar. - Ditambahkan bahan pengisi (filler) pada campuran beton, antara lain Fly Ash dan Silica Fume untuk menggantikan sebagian komposisi semen, hal ini ditujukan untuk meningkatkan keawetan (durabilitas) dan kekuatan tekan beton.

Suatu campuran beton dapat dikatakan SCC jika memiliki sifat-sifat sebagai berikut: pada beton segar, harus memiliki tingkat workabilitas yang baik, yaitu: a)filling-ability, kemampuan dari campuran beton segar untuk dapat mengisi ruangan tanpa vibrasi; b)passing-ability, kemampuan dari campuran beton segar untuk dapat melewati tulangan; c)segregation resistance,campuran beton yang tidak mengalami segregasi; pada beton keras (hardened concrete): a)memiliki tingkat absorpsi dan permeabilitas yang rendah, b)memiliki tingkat durabilitas yang tinggi, c)mampu membentuk campuran beton yang homogen (Herbudiman & Siregar, 2013).

C. Beton Serat

Beton serat dapat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari semen portland atau bahan pengikat hidrolis lainnya yang ditambah dengan agregat halus dan kasar, air, dan diperkuat dengan serat (Hannant, 1978).

Tjokrodimuljo (1996) mendefinisikan beton serat (*fiber concrete*) sebagai bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang

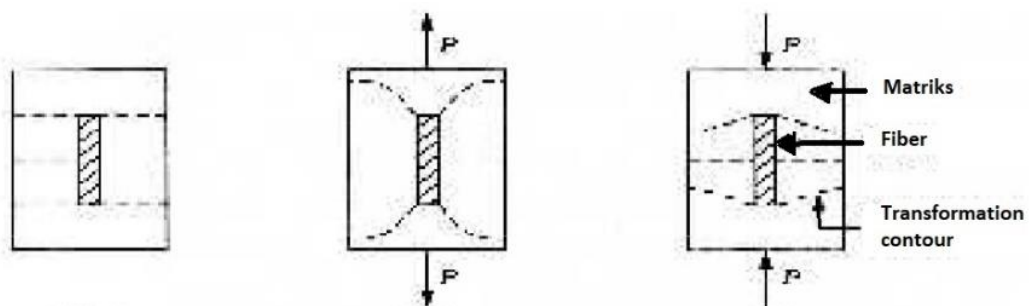
berupa serat (batang-batang dengan diameter antara 5 dan 500 μm dengan panjang sekitar 2,5 mm sampai 10 mm). Penambahan serat pada beton dimaksudkan untuk memperbaiki kelemahan sifat yang dimiliki oleh beton yaitu memiliki kuat tarik yang rendah. Menurut Balaguru dan Shah (1992), membagi beton berserat dalam 3 kategori, yaitu :

1. Komposit berserat rendah, kandungan seratnya kurang dari 1% serat umumnya digunakan untuk penerapan dalam jumlah besar.
2. Komposit berserat sedang, kandungan seratnya 1% - 5% dari berat beton.
3. Komposit berserat tinggi, kandungan seratnya 5% - 15% dari berat beton.

Interaksi antara serat dan matrik beton merupakan sifat dasar yang mempengaruhi kinerja dari material komposit beton serat. Pengetahuan tentang interaksi ini diperlukan untuk memperkirakan kontribusi serta dan meramalkan perilaku dari komposit. Interaksi antara serat dan matrik yang tak retak terjadi dalam hampir semua komposit selama tahap awal dari pembebanan. Pada umumnya matrik akan retak dalam masa pelayanan, walaupun retak terjadi dalam komposit. Bagian yang tidak terjadi retak dari strukturlah yang mempengaruhi sistem perilaku struktur.

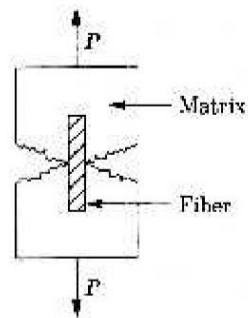
Sistem sederhana dari serat-matrik terdiri dari sebuah serat tunggal seperti nampak dalam Gambar 2.1. Dalam tahap tanpa pembebanan, tegangan dalam matrik dan serat diasumsikan nol. Ketika pembebanan diterima matrik, sebagian beban ditransfer sepanjang permukaan serat.

Perbedaan kekakuan antara serat dan matrik menyebabkan tegangan geser terjadi sepanjang permukaan serat. Jika kekakuan serat lebih besar dari matrik, maka deformasi di sekeliling akan lebih kecil. Semakin kecil modulus kekakuan serat dibandingkan dengan dari kekakuan matrik, misalnya serat polymeric dan serat alam, maka deformasi di sekeliling serat akan lebih besar.



Gambar 2.1 Interaksi Antara Serat Dan Matrik Yang Tidak Retak (Balaguru dan Shah, 1992)

Jika komposit mengalami pembebanan tarik, maka pada tahap tertentu beton komposit akan mengalami retak seperti nampak pada Gambar 2.1. Jika matrik retak, maka serat yang menerima beban melewati retakan akan menyalurkan beban dari satu sisi matrik ke matrik yang lainnya. Dalam kenyataannya sejumlah serat akan menjembatani retakan dan menyalurkan beban melewati retakan. Jika serat masih mampu menyalurkan beban yang ada melewati retakan, maka retakan yang lebih besar akan terbentuk sepanjang spesimen. Tahap pembebanan ini disebut tahap retak berganda (*multiple cracking stage*) yang terjadi dalam pembebanan masa pelayanan.



Gambar 2.2 Interaksi Antara Serat Dan Matrik Yang Retak (Balaguru and Shah, 1992)

Perilaku yang terjadi pada retakan matrik disajikan pada Gambar 2.2

Perilaku retakan matrik dapat dibedakan menjadi perilaku berikut ini:

- a. Pada komposit dengan kadar serat yang rendah, maka komposit akan runtuh segera setelah terjadi retakan matrik.
- b. Pada komposit dengan kadar serat yang sedang, maka setelah terjadi retakan matrik, kapasitas komposit menerima pembebanan akan turun tetapi komposit masih dapat menahan beban selama masih di bawah beban puncak. Ketika matrik retak, beban ditransfer dari komposit ke serat sepanjang permukaan retakan. Saat deformasi yang terjadi akan meningkat, maka serat tertarik keluar dari matrik dan mengakibatkan kapasitas komposit menerima pembebanan yang makin lama semakin menurun. Tipe komposit ini tidak mengakibatkan peningkatan kekuatan tetapi menghasilkan perilaku yang daktail.
- c. Pada komposit dengan kadar serat yang tinggi, setelah terjadi retakan matrik, serat akan mulai menahan peningkatan

pembebanan. Jika terdapat cukup serat sepanjang retakan, maka komposit dapat menerima penambahan beban yang lebih tinggi dari beban retak (*cracking load*).

D. Bahan Penyusun Beton

D.1. Semen

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesive maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. Ada dua macam semen, yaitu semen hidraulis dan semen non-hidraulis. Semen non-hidraulis adalah semen (perekat) yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air. Semen hidraulis adalah semen yang akan mengeras bisa bereaksi dengan air, tahan terhadap air (*water resistance*) dan stabil di dalam air setelah mengeras.

Salah satu semen hidraulis yang biasa dipakai dalam konstruksi beton adalah semen Portland. Menurut Standar Industri Indonesia (SII 0031-1981) semen Portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum. Semen yang beredar dipasaran dalam kemasan zak 40 kg dan 50 kg saat ini adalah semen tipe PPC (Portland Pozolan Cement) dan PCC (Portland Composite Cement).

D.2. Agregat

Menurut SNI 2847:2019, agregat adalah bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (*blast-furnance slag*) yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis.

Agregat merupakan bahan penyusun beton yang menempati 70-75% dari total volume beton sehingga kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Meskipun dulu agregat dianggap sebagai material pasif, berperan sebagai bahan pengisi saja, kini disadari adanya kontribusi positif agregat pada sifat beton, seperti stabilitas volume, ketahanan abrasi, dan ketahanan umum (*durability*) diakui. Bahkan beberapa sifat fisik beton secara langsung tergantung pada sifat agregat seperti kepadatan, panas jenis, dan modulus elastisitas. Pengaruh agregat pada beton disajikan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Pengaruh Sifat Agregat Pada Sifat Beton

Sifat Agregat	Pengaruh Pada	Sifat Beton
Bentuk, tekstur, gradasi	Beton Cair	Keleccakan pengikatan dan pengerasan
Sifat kimia, sifat kimia, mineral	Beton Keras	Kekuatan, kekerasan, ketahanan (<i>durability</i>)

Agregat berdasarkan ukuran butirnya dibedakan menjadi dua yaitu agregat kasar dan agregat halus.

D.2.1. Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2834-2000, agregat kasar merupakan adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm.

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen.

Menurut ASTM C33-78 gradasi agregat melalui persentase berat yang melalui masing-masing tabel ayakan yaitu seperti pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Syarat Gradasi Agregat Sesuai ASTM C33

No. Ayakan	% Berat melalui ayakan				
	Agregat Kasar		Agregat Halus		
	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	
1 in	25	95	100	-	-
¾ in	19	-	-	-	-
½ in	12.5	25	60	-	-
3/8 in	10	-	-	100	100
No. 4	15	0	10	95	100
No. 8	2.5	0	5	80	100
No. 16	1.2	-	-	50	85
No. 30	0.6	-	-	25	60
No. 50	0.3	-	-	10	30
No. 100	0.15	-	-	2	10
Dasar		-	-	-	-

D.2.2. Agregat Halus

Menurut SNI 03-2834-2000, definisi agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

Agregat halus memiliki zona-zona berdasarkan ukuran lolos saringannya. Menurut SK-SNI-T-15-1990-03, gradasi pasir dibagi menjadi empat kelompok yaitu pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus, dan pasir halus seperti tersaji pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Bahan Butiran Yang Lewat Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	33 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 - 15

Keterangan :

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah IV : Pasir Halus

Gradasi agregat halus memiliki pengaruh terhadap *workability*. Hal ini disebabkan karena mortar memiliki fungsi sebagai pelumas.

Persyaratan pasir agar dapat digunakan sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut :

- a. Pasir beton harus bersih.

- b. Kandungan bagian yang lewat ayakan 0,063 mm (lumpur) tidak lebih besar dari 5% berat.
- c. Angka modulus halus butir terletak antara 2,2 - 3,2.
- d. Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton.
- e. Kekekalan terhadap larutan $MgSO_4$, fraksi yang hancur tidak lebih dari 10% berat.
- f. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.

D.3 Air

Persyaratan air sebagai bahan bangunan, sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI 1982), antara lain:

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- c. Tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram / liter.
- d. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram / liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m. sebagai SO_3 .
- e. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia

dan dievaluasi.

D.4 Nylon

Serat polimer yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat *nylon*. *Nylon* merupakan istilah yang digunakan terhadap poliamida yang mempunyai sifat-sifat dapat dibentuk serat, film dan plastik. *Nylon* dibentuk oleh gugus amida yang berkaitan dengan unit hidrokarbon ulangan yang panjangnya berbeda-beda dalam suatu polimer (Stevens, 2007).

D.4.1 Serat Nylon

Serat *nylon* adalah serat yang dihasilkan dengan unsur pembentuk serat adalah suatu rantai panjang polyamida sintetik , dimana kurang dari 85% ikatan amida mengikat secara langsung (- CO-NH-) dua gugus alifatik. Istilah *nylon* mengacu pada suatu polymers yaitu polyamida linier. Ada dua metode umum bagaimana membuat nilon untuk aplikasi serat. Pada metode pertama , molekul dengan suatu gugus asam (COOH) bereaksi dengan molekul yang mengandung gugus amina (NH₂). Menghasilkan nilon yang dinamai berdasarkan banyaknya atom karbon yang memisahkan dua gugus asam dan dua gugus amina.

Salah satu metode suatu senyawa yang mengandung suatu amina pada satu sisi dan suatu asam di sisi lainnya dipolimerisasi untuk membentuk rantai dengan unit pengulangan NH-[CH₂]_n-CO-)x.

Berikut beberapa sifat dari bahan *nylon* :

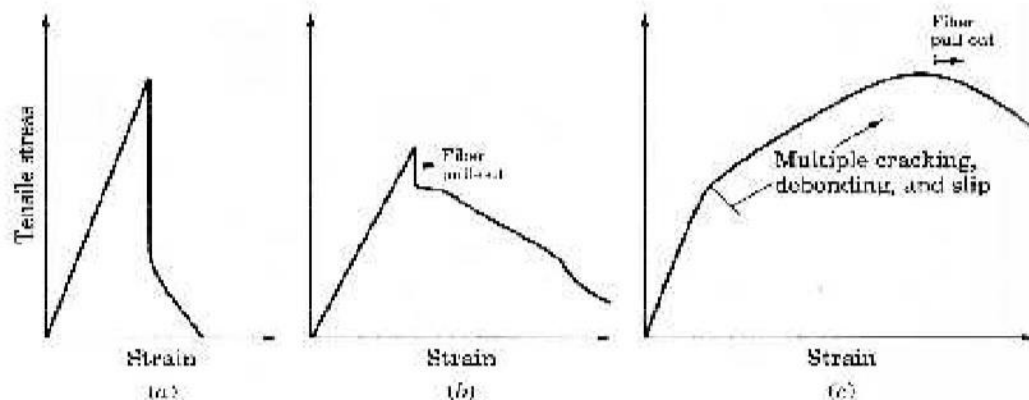
- a. Sangat kuat

- b. Elastis
- c. Tidak mudah terkikis
- d. Mengkilap
- e. Mudah dibersihkan
- f. Tidak mudah rusak karena minyak dan bahan-kimia kimia
- g. Dapat diwarnai dengan cakupan warna yang luas
- h. Lentur
- i. Daya serap terhadap air rendah
- j. Benangnya, lembut, halus dan tahan lama

D.4.2 Serat Polymeric

Serat untuk campuran beton dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu (Balaguru and Shah, 1992): 1. Serat metal, misalnya serat besi dan serat stainless steel. 2. Serat polymeric, misalnya serat polypropylene dan serat *nylon*. 3. Serat mineral, misalnya fiberglass. 4. Serat alam, misalnya serabut kelapa dan serabut nenas. Serat polypropylene merupakan senyawa hidrokarbon dengan rumus kimia C_3H_6 yang berupa filamen tunggal ataupun jaringan serabut tipis yang berbentuk jala dengan ukuran panjang antara 6 mm sampai 50 mm dan memiliki diameter 90 mikron. Kadar serat polypropylene yang sering digunakan sebesar 900 gr/m³ beton.

Karakteristik umum dari serat polymeric yang dipakai dalam disajikan pada Tabel 2.4.



Gambar 2.3 Perilaku Kurva Tegangan Regangan Beton Serat (Balaguru and Shah, 1992)

Tabel 2.4 Karakteristik Serat Nylon (Steven, 1995)

Karakteristik	Serat Nylon
Bentuk	Serat Tunggal
Diameter Serat	23 Mikron
Panjang Serat	19 mm
Berat Jenis	1,16
Kekuatan Tarik	9200 kg/cm ²
Modulus Elastisitas	52000 kg/cm ²
Penyerapan Air	4 %
Titik Leleh	224 °C
Ketahanan Asam dan Garam	Baik
Ketahanan Alkali	Baik
Permukaan Beton	Tidak Berambut (polos)

Keuntungan penggunaan serat polymeric dalam campuran beton adalah sebagai berikut (Balaguru and Shah, 1992):

- a. Meningkatkan kekuatan beton (tekan, tarik, dan lentur), kekedapan beton, daya tahan terhadap beban kejut, daktilitas, kapasitas penyerapan energi, daya tahan beban berulang, dan daya tahan abrasi.

- b. Mengurangi retak-retak karena susut dan terjadinya korosi tulangan baja.
- c. Memungkinkan adanya kekuatan beton setelah terjadinya keretakan.

Adapun kekurangan dari serat jenis ini adalah:

- d. Mudah terbakar; kebakaran akan menyebabkan bertambahnya porositas pada beton sesuai dengan persentase volume dari serat yang ada pada beton.
- e. Lemah terhadap sinar matahari dan oksigen, sehingga untuk melindungi serat terhadap radiasi ultraviolet dan oksidasi, biasanya pabrik menambahkan bahan peningkat stabilisasi dan pigmen. Serat polypropylene mengalami proses pelapukan akibat radiasi ultraviolet dari sinar matahari dan oksidasi oleh oksigen dari udara.

D.4.3 Nylon Monofilament

Dalam penelitian Suhana dan Sugriana (2016), serat yang digunakan dalam campuran beton adalah nilon. Secara umum monofilament lebih dikenal sebagai senar nilon. Nilon monofilament adalah suatu produk komponen tunggal yang dibentuk dari plastik yang dicairkan kedalam suatu jalinan melalui cetakan dari besi. Kekuatan nilon monofilament bermacam-macam tergantung dari ukuran diameter serat seperti yang terlihat pada Tabel 2.5 berikut ini :

Tabel 2.5 Kuat Tarik Nilon Monofilament (Line winder N402 Copolymer Monofilament)

No	Diameter Serat (mm)	Kuat Tarik (Kg)
1	0,074	0,50
2	0,091	0,75
3	0,105	1,00
4	0,128	1,25
5	0,148	1,50
6	0,165	2,00
7	0,181	2,50
8	0,203	3,00
9	0,234	4,00
10	0,261	5,00
11	0,286	6,00
12	0,309	7,00
13	0,331	8,00
14	0,370	10,00
15	0,405	12,00
16	0,500	15,00
17	0,700	40,00
18	1,000	50,00

Nilon monofilament yang digunakan dalam penelitian Suhana dan Sugriana (2016) adalah diameter 1,0 mm, warna putih transparan. Nilon monofilament dipotong dengan ukuran 4 cm berbentuk lurus/ stright. Penambahan nilon monofilament dengan konsentrasi 0%, 0,3 %, 0,4%, dan 0,5% terhadap berat semen kedalam campuran beton dalam penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa Penambahan nilon monofilament ke dalam campuran beton dapat meningkatkan kuat lentur beton. Kuat lentur mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi serat.

Hal ini membuktikan bahwa penambahan nilon monofilament dalam adukan beton dapat mengurangi sifat getas beton. Secara umum hasil kuat tekan dan kuat lentur beton menunjukkan bahwa kadar optimum nilon monofilament yang digunakan adalah 0,2%.

D.5 Superplasticizer

Superplasticizer adalah bahan tambah kimia yang melarutkan gumpalangumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar dengan merata pada adukan beton dan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Bahan ini digunakan dalam jumlah yang relatif sedikit karena sangat mudah mengakibatkan terjadinya *bleeding*. *Superplasticizer* dapat mereduksi air sampai 40% dari campuran awal (ASTM C494-82).

Beton berkekuatan tinggi dapat dihasilkan dengan pengurangan kadar air, akibat pengurangan kadar air akan membuat campuran lebih padat sehingga pemakaian *superplasticizer* sangat diperlukan untuk mempertahankan nilai *slump* yang tinggi.

Secara umum, partikel semen dalam air cenderung untuk berkoheksi satu sama lainnya dan partikel semen akan menggumpal. Dengan menambahkan *superplasticizer*, partikel semen ini akan saling melepaskan diri dan terdispersi. Dengan kata lain *superplasticizer* mempunyai dua fungsi yaitu, mendispersikan partikel semen dari gumpalan partikel dan mencegah kohesi antar semen. Fenomena dispersi partikel semen dengan

penambahan *superplasticizer* dapat menurunkan viskositas pasta semen, sehingga pasta semen lebih fluid/alir. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan air dapat diturunkan dengan penambahan *superplasticizer*.

E. Kekuatan Beton

Kekuatan beton adalah parameter umum yang dipertimbangkan dalam desain struktural, tetapi untuk beberapa desain struktural kekuatan tarik juga menjadi pertimbangan; contohnya pada jalan raya, landasan pacu di bandar udara, kekuatan geser, dan ketahanan terhadap retak. Hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik erat kaitannya, rasio nilai kekuatan tekan dan tarik pada beton bergantung pada mutu kekuatan beton, dapat dikatakan, jika kuat tekan (f_c) meningkat, maka kuat tarik (f_t) juga meningkat tetapi pada tingkat lebih rendah. Umur juga merupakan faktor dalam hubungan f_c dan f_t , ketika melampaui 1 bulan, kekuatan tarik meningkat lebih lambat dibanding kekuatan tekan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton berupa material masing-masing, cara pembuatan, cara perawatan dan kondisi tes. Berdasarkan material penyusunnya kekuatan beton dipengaruhi antara lain oleh faktor air semen, porositas dan faktor intrinsik lainnya.

E.1. Kuat Tekan

Kuat tekan beton ($f'c$) adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan berdasarkan SNI 1974-2011.

Nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata yang ditentukan.

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

dimana,

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa atau N/mm²).

P = Gaya tekan aksial (N).

A = Luas penampang melintang benda uji (mm²).

E.2. Kuat Tarik Belah

Uji kuat tarik dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton secara tidak langsung. Spesimen silinder direbahkan dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada beton. Uji ini disebut juga *Splitting test* atau *Brazilian test* karena metode ini diciptakan di Brazil (Nugraha P. dan Antoni, 2007)

Konstruksi beton yang dipasang mendatar sering menerima beban tegak lurus sumbu bahannya dan sering mengalami rekahan (*splitting*). Hal ini terjadi karena daya dukung beton terhadap gaya lentur tergantung pada

jarak dari garis berat beton, makin jauh dari garis berat makin kecil daya dukungnya.

Kekuatan tarik relatif rendah untuk beton normal berkisar antara 9%-15% dari kuat tekan. Pengujian kuat tarik beton dilakukan melalui pengujian split silinder. Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan 0,50-0,60 kali $\sqrt{f_c'}$, sehingga untuk beton normal digunakan nilai 0,57 $\sqrt{f_c'}$. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split cylinder strength*. Menurut SNI 03-2491-2002 besarnya tegangan tarik beton (tegangan rekah beton) dapat dihitung dengan rumus:

$$f_r = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (2)$$

dimana,

- fr = Kuat Tarik Belah (N/mm²)
- P = Beban pada Waktu Belah (N)
- L = Panjang Benda Uji Silinder (mm)
- D = Diameter Benda Uji Silinder (mm)

E.3. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang (Murdock & Brook, 1991). Beton tidak memiliki modulus elastisitas yang pasti. Nilainya bervariasi tergantung dari kekuatan beton, umur beton, jenis pembebanan,

dan karakteristik serta perbandingan semen dan agregat (McCormac, 2003).

Modulus elastisitas beton hasil pengujian laboratorium dengan benda uji silinder dapat dihitung dengan menggunakan rumus menurut (ASTM C 469 – 02):

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)} \dots\dots\dots (3)$$

dimana,

E = Modulus Elastisitas (N/mm²)

S₂ = Tegangan pada 40% tegangan runtuh (N/mm²)

S₁ = Tegangan pada saat regangan 0,000050 (N/mm²)

ε₂ = Regangan pada saat S₂

Modulus Elastisitas beton juga dapat dihitung dengan rumus empiris menurut (SNI 2847-2013), yaitu :

1. Beton Normal

$$E = 4700\sqrt{f'c} \dots\dots\dots (4)$$

2. Beton (Wc = 1440 – 2560 Kg/m³)

$$E = Wc^{1,5} \times 0,043\sqrt{f'c} \dots\dots\dots (5)$$

dimana,

E = Modulus Elastisitas (N/mm²)

f'c = Kuat Tekan Beton (N/mm²)

Wc = Berat Jenis Beton (Kg/m³)

E.4. Kuat Lentur

Yang dimaksud dengan kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (Mpa) gaya tiap satuan luas. Metode pengujian kuat lentur di laboratorium dengan menggunakan balok uji yaitu balok beton yang berpenampang bujur sangkar dengan panjang total balok empat kali lebar penampangnya (SNI 4431:2011).

Jarak titik belah balok sampai ujung balok sangat penting untuk menentukan rumus yang dipakai, yaitu :

1. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$R = \frac{PL}{bd^2} \dots\dots\dots (6)$$

2. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik dan titik patah kurang dari 5 % dari panjang titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2} \dots\dots\dots (7)$$

dimana,

R = kuat lentur (N/mm²)

P = beban maksimum total (N)

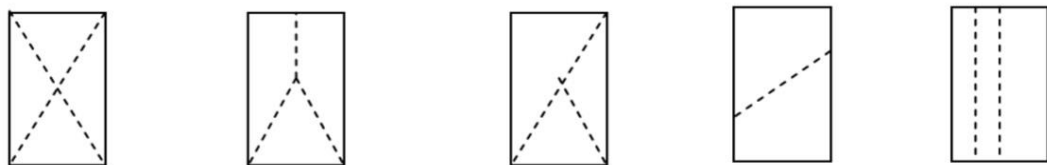
L = Panjang bentang (mm)

- b = Lebar benda uji (mm)
- d = Tebal benda uji (mm)
- a = Jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan terdekat diukur pada bagian tarik spesimen.

F. Pola Retak dan Kehancuran

Retak diakibatkan penurunan yang tidak seragam, susut, beban bertukar arah, perbedaan unsur kimia dan perbedaan suhu. Pada kondisi di lapangan, variasi pola retak berbeda satu dengan yang lainnya. Hal tersebut dikarenakan perbedaan tegangan tarik yang ditimbulkan oleh beban, momen dan geser. Retak dimulai dari retak permukaan yang tidak dapat terlihat secara kasat mata. Apabila pembebanan diberikan secara terus menerus dapat mengakibatkan retak rambut yang merambat hingga pada akhirnya terjadi kegagalan atau keruntuhan pada struktur (Restian, 2008).

Berdasarkan SNI 1974-2011 pola kehancuran pada benda uji dibedakan menjadi 5 bentuk :



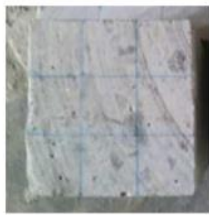
Gambar 2.4 Pola Kehancuran Berdasarkan SNI 1974-2011

Keterangan:

1. Bentuk kehancuran kerucut
2. Bentuk kehancuran kerucut dan belah
3. Bentuk kehancuran kerucut dan geser
4. Bentuk kehancuran geser
5. Bentuk kehancuran sejajar sumbu tegak (kolumnar)

G. Distribusi Dan Jumlah Serat Pada Beton

Jumlah serat berbanding lurus dengan kuat lentur, kuat lentur ekuivalen, dan kuat tarik belah beton serat. Semakin banyak jumlah serat semakin besar pula nilai kuat lentur, kuat lentur ekuivalen, dan kuat tarik belah beton serat. Kinerja serat dipengaruhi oleh jumlah serat pada daerah retakan. Semakin banyak serat pada daerah retakan maka semakin besar pula perlawanan yang diberikan oleh serat tersebut dalam menahan retakan semakin besar (Saifudin et. al, 2015).



4	5	3
5	6	3
3	6	3

(a)



1	5	5	5	6	8
2	8	4	9	6	7
8	3	10	6	5	8

(b)

Gambar 2.5 (a) Sketsa Penghitungan Jumlah Serat pada Benda Uji Balok,
 (b) Sketsa Penghitungan Jumlah Serat pada Benda Uji
 Silinder (Saifudin et. al, 2015).