

TUGAS AKHIR

**KETANGGUHAN LENTUR BETON SCC DENGAN
PENAMBAHAN SERAT NILON**

***FLEXURAL TOUGHNESS OF SCC WITH NYLON FIBER
SUBSTITUTION***

**ANSELIA APRILIANI NANI
D111 16 529**



**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

**KETANGGUHAN LENTUR BETON SCC DENGAN PENAMBAHAN SERAT
NILON**

Disusun oleh

**ANSELIA APRILIANI NANI
D111 16 529**

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT
NIP: 197206192000122001

Ariningsih Suprapti, ST, MT
NIP: 197307122000032002

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Sipil



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, MEng
NIP: 196805292001121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Anselia Apriliani Nani, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Ketangguhan Lentur Beton SCC dengan Penambahan Serat Nilon**", 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, 10 November 2020

Yang membuat pernyataan,



Anselia Apriliani Nani
NIM: D111 16 529

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah mencurahkan rahmat dan kasih karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Ketangguhan Lentur Beton SCC dengan Penambahan Serat Nilon**”, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Saya menyadari bahwa dalam proses penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan, arahan, dan dorongan dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Muh. Arsyad Thaha, MT.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak **Prof. Dr. Muh. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu **Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST., MT.**, selaku Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk mendampingi, membimbing, dan memberikan arahan dari awal mulainya penelitian hingga penulisan tugas akhir ini selesai.
4. Ibu **Ariningsih Suprpti, ST., MT.**, selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan tentang penulisan pada tugas akhir ini.
5. Bapak **Dr. Eng. Ir. A. Arwin Amiruddin, S.T., M.T.**, selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.
6. Bapak **Dr. Eng. Fakhruddin, ST., M.Eng.**, selaku dosen yang telah memberikan arahan kepada saya saat awal dimulainya penelitian ini.
7. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membagi ilmunya selama saya kuliah di kampus ini.
8. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil dan seluruh staf dan karyawan yang ada di tingkat Fakultas yang telah membantu saya dalam hal pengurusan berkas-berkas selama saya kuliah.

Yang teristimewa saya persembahkan kepada:

1. **Tuhan Yesus Kristus** atas kasih dan karunia-Nya yang selalu menyertai dan menguatkan di setiap langkah hidup saya.
2. *My strong woman*, **Mami**, yang telah menjadi sekolah yang pertama dan utama bagi saya serta memberikan kasih sayang dan segala pengorbanan sehingga saya bisa sampai pada titik ini.
3. *My first love*, **Papi**, yang telah mendampingi, menguatkan, dan memberikan dorongan yang luar biasa mulai dari awal perjuangan saya mengejar cita-cita sampai saat ini saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Kedua panutan saya, **Kak Inry** dan **Oni** yang selalu menghibur, mengingatkan saya tentang pergaulan, dan selalu memberikan motivasi dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
5. **Ica** yang sampai saat ini masih mau berbagi cerita dengan saya dan selalu menyemangati serta memberikan motivasi kepada saya dalam segala hal.
6. **Fanbes, Kawe, Enov, Puay, Indah, Firda, Enggar, Ulfy, Ghea, Iaa, Vina**, dan **Kezya** yang senantiasa ada untuk mendengarkan keluh kesah saya di perantauan serta memberikan perhatian, semangat, dan dorongan kepada saya walaupun terbatas jarak.
7. **Kak Andry** yang selalu mengisi keseharian saya serta menyemangati dan memberikan dorongan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
8. **Himpunan Mahasiswa Sipil FT-UH** untuk segala pembelajaran, pengalaman, dan momen berharga yang saya dapatkan selama berproses di dalamnya.
9. *Partner* penelitian, **Uqbah**, yang selalu membantu saya mulai dari awal penelitian sampai terselesaikannya tugas akhir ini.
10. **Kak Ebhy, Kak Nunu**, dan **Kak Askar** yang telah membantu dan memberikan banyak saran dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
11. Teman-teman KKD Struktur 2016 khususnya **Sul, Teguh, Erli, Indra, Imam, Mudhat, Halima, Tarmizi, Fadhly, Rifqi, Mus, Dhede, Fandu, Heru**, dan **Uli** yang telah membantu, menghibur, dan memberi semangat dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
12. **Bowo, Ria, Rany**, dan **Faje** yang selalu berbagi cerita dan membantu saya selama masa perkuliahan baik dalam hal akademik maupun non akademik.

13. **Alif, Gilang, Muflih, dan Dylo** yang selalu ada dikala saya membutuhkan banduan dan telah membantu saya beradaptasi di awal semester perkuliahan.
14. Saudara-saudara **PATRON 2017**, yang telah mewarnai masa kuliah saya, berbagi suka duka dan momen yang akan selalu saya ingat.
15. Semua pihak yang turut serta dalam proses pengembangan diri saya selama kuliah dan semua pihak yang telah membantu saya dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Maka dari itu saya sebagai penulis berharap kepada pembaca yang membaca tugas akhir ini agar bisa memberikan sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu menyertai kita semua umat-Nya dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membaca.

Gowa, 10 November 2020

Anselia Apriliani Nani

ABSTRAK

Beton adalah material konstruksi yang sampai sekarang masih banyak digunakan untuk dunia konstruksi karena memiliki kuat tekan yang tinggi dan mudah dibentuk. Selain keunggulan, beton pun memiliki kekurangan, yaitu lemah terhadap kuat tarik, mudah retak, dan bersifat getas. Dalam pembangunan infrastruktur seperti pelat lantai, gedung, dan jalanan, dibutuhkan material yang bersifat daktail agar beton bisa menahan beban dengan baik dan tidak langsung retak. Untuk menambahkan sifat daktail pada beton dibutuhkan substitusi material seperti serat nilon.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi substitusi serat nilon pada beton SCC terhadap *flexural toughness* dan membandingkan ketangguhan lentur (*flexural toughness*) antara beton SCC normal dan beton SCC dengan substitusi serat nilon.

Metode penelitian ini menggunakan studi eksperimental yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan benda uji balok beton SCC normal dan 8 variasi balok beton dengan penambahan serat nilon dengan variasi diameter 0.65 mm dan 0.35 mm, variasi panjang 15 mm dan 20 mm, dan variasi persentase 0.5% dan 1% dari berat semen. Jumlah benda uji yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 27 buah. Saat benda uji berumur 28 hari dilakukan pengujian kuat lentur dengan dua titik pembebanan.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan beton dengan penambahan serat nilon dapat menambahkan kuat lentur dari suatu beton, dilihat dari beton dengan serat nilon diameter 0.65 mm, panjang 20 mm, dan 1% penambahan memiliki kuat lentur yang lebih besar daripada beton normal, yaitu sebesar 5.295 MPa. Ketangguhan lentur beton dengan penambahan serat nilon dengan panjang 20 mm cenderung lebih tinggi dari beton dengan penambahan serat nilon dengan panjang 15 mm.

Kata kunci: Ketangguhan lentur, Serat nilon, *Index Toughness*.

ABSTRACT

Concrete is a construction material that is still widely used in the construction world because it has high compressive strength and is easy to form. Apart from its advantages, concrete also has disadvantages, namely it is weak against tensile strength, cracks easily, and is brittle. In the construction of infrastructure such as floor slabs, buildings and roads, ductile materials are needed so that the concrete can withstand loads properly and does not immediately crack. To add ductile properties to concrete, material substitutions such as nylon fibers are needed.

The purpose of this study was to analyze the effect of variations of nylon fiber substitution in SCC concrete on flexural toughness and to compare the flexural toughness between normal SCC concrete and SCC concrete with nylon fiber substitution.

This research method uses experimental studies conducted in the laboratory using normal SCC concrete beam specimens and 8 variations of concrete blocks with the addition of nylon fibers with variations in diameter 0.65 mm and 0.35 mm, variations in length 15 mm and 20 mm, and variations in the percentage of 0.5% and 1% by weight of cement. The number of test objects used in this study were 27 pieces. When the specimen is 28 days old, the flexural strength test is carried out with two loading points.

The results of this study indicate that concrete with the addition of nylon fibers can increase the flexural strength of a concrete, seen from concrete with nylon fibers with a diameter of 0.65 mm, a length of 20 mm, and 1% addition has a greater flexural strength than normal concrete, which is 5,295 MPa. . The flexural toughness of concrete with the addition of nylon fibers with a length of 20 mm tends to be higher than that of concrete with the addition of nylon fibers with a length of 15 mm.

Keywords: *Flexural Toughness, Nylon Fiber, Toughness Index.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Pengertian Beton.....	7
B. Beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)	9
C. Material Penyusun Beton	10
C.1 <i>Portland Composit Cement</i> (PCC).....	10
C.2 Agregat	12
C.3 Air	18
C.4 <i>Superplasticizer</i>	19
D. Material Substitusi Beton	20
D.1 Serat Nilon.....	20
E. Faktor yang Mempengaruhi Performa Serat	23
F. Ketangguhan Lentur (<i>Flexural Toughness</i>)	26
G. Penelitian Sebelumnya	28

G.1 Agus Susanto dan Slamet Widodo (2010).....	28
G.2 Ahmad Saifudin, dkk (2015)	28
G.3 N. Retno Setiati (2016)	29
G.4 Gabriella Agnes Luvena, dkk (2017)	30
G.5 Rita Irmawaty, dkk (2020).....	31
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	33
A. Bagan Alir Penelitian	33
B. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	34
C. Desain Benda Uji	34
D. Alat dan Bahan Penelitian.....	35
D.1 Alat yang Digunakan.....	35
D.2 Bahan yang Digunakan	35
E. Prosedur Penelitian	35
E.1 Pengujian Karakteristik	35
E.2 Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>).....	36
E.3 Pembuatan Benda Uji	36
E.4 Metode Perawatan Benda Uji	38
F. Pengujian Kuat Lentur	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
A. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	40
B. Komposisi Campuran SCC	41
C. Hasil Pengujian Beton.....	42
C.1 <i>Slump Flow</i>	42
C.2 Berat Volume Beton.....	43
D. Pembahasan.....	44
D.1 Kuat Lentur	44
D.2 Analisa Ketangguhan Lentur	52
D.3 Analisa Pola Kretakan	56
D.4 Distribusi Serat Nilon pada Beton SCC	57
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	60

A. Kesimpulan	60
B. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Serat Nilon	23
Gambar 2. Definisi <i>toughness</i> dan indeks <i>toughness</i> menurut ACI	27
Gambar 3. Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 4. Proses Perawatan (<i>curing</i>) Benda Uji	38
Gambar 5. Pengujian Kuat Lentur Balok.....	39
Gambar 6. Diagram Hubungan Antara Berat Volume Beton Rata-rata dengan Persentase Penambahan Serat Nilon.....	43
Gambar 7. Pengujian Kuat Lentur Beton SCC.....	45
Gambar 8. Hubungan Beban dan Lendutan Beton SCC Normal	45
Gambar 9. Hubungan Beban dan Lendutan Beton SCC dengan Serat Nilon ($\emptyset = 0.65$, L = 15 mm, 0.5%).....	46
Gambar 10. Hubungan Beban dan Lendutan Beton SCC dengan Serat Nilon ($\emptyset = 0.65$, L = 15 mm, 1%)	46
Gambar 11. Hubungan Beban dan Lendutan Beton SCC dengan Serat Nilon ($\emptyset = 0.65$, L = 20 mm, 0.5%)	47
Gambar 12. Hubungan Beban dan Lendutan Beton SCC dengan Serat Nilon ($\emptyset = 0.65$, L = 20 mm, 1%)	47
Gambar 13. Hubungan Beban dan Lendutan Beton SCC dengan Serat Nilon ($\emptyset = 0.35$, L = 15 mm, 0.5%)	48
Gambar 14. Hubungan Beban dan Lendutan Beton SCC dengan Serat Nilon ($\emptyset = 0.35$, L = 15 mm, 1%)	48
Gambar 15. Hubungan Beban dan Lendutan Beton SCC dengan Serat Nilon ($\emptyset = 0.35$, L = 20 mm, 0.5%)	49
Gambar 16. Hubungan Beban dan Lendutan Beton SCC dengan Serat Nilon ($\emptyset = 0.35$, L = 20 mm, 1%)	49
Gambar 17. Persentase Penambahan Serat Nilon dan Kuat Lentur.....	51
Gambar 18. Hubungan Variasi Penambahan Serat Nilon dan Energi Absorpsi.....	55

Gambar 19. Pola Keretakan Benda Uji pada Pengujian Kuat Lentur	56
Gambar 20. Contoh Distribusi Serat Nilon di Setiap Variasi Beton	57

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Syarat Gradasi Agregat Kasar	13
Tabel 2. Syarat Gradasi Agregat Halus	17
Tabel 3. Karakteristik Serat Nilon (Stevens, 1995)	22
Tabel 4. Jumlah Benda Uji	34
Tabel 5. Metode Pengujian Karakteristik Agregat	36
Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus dan Kasar	40
Tabel 7. Komposisi Campuran Beton SCC untuk 1 m ³ dengan penambahan serat nilon sebanyak 0,5% dari berat semen.....	41
Tabel 8. Komposisi Campuran Beton SCC untuk 1 m ³ dengan penambahan serat nilon sebanyak 1% dari berat semen.....	41
Tabel 9. Hasil Pengukuran Nilai <i>Slump Flow</i> Beton SCC	42
Tabel 10. Hasil Pengujian Berat Volume Beton SCC Rata-Rata	43
Tabel 11. Hasil Pengujian Kuat Lentur (<i>Modulus of Rupture</i>)	50
Tabel 12. Rekapitulasi Perhitungan Beban dan Lendutan	52
Tabel 13. Hasil Perhitungan Energi Absorpsi dan <i>Index Toughness</i>	54
Tabel 14. Distribusi Serat Nilon pada Benda Uji	58

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sampai sekarang beton masih menjadi salah satu bahan yang berperan penting dalam dunia konstruksi dan banyak digunakan sampai sekarang. Hal itu dikarenakan beton memiliki beberapa kelebihan seperti mudah dalam pengerjaannya (*workability*), tahan terhadap temperature tinggi, ekonomis dalam hal pembuatan dan perawatan, dan memiliki kuat tekan yang tinggi. Selain memiliki kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan seperti kuat tariknya yang rendah sehingga beton mudah retak. Sifat beton yang getas (*brittle*) juga dapat menyebabkan beton akan segera retak apabila menerima gaya tarik yang terlalu besar.

Sehubungan dengan maraknya pembangunan dan pembenahan infrastruktur di Indonesia seperti pembangunan jalan, gedung, dan konstruksi lainnya, sangat dibutuhkan material yang dapat mengatasi sifat beton yang getas, sehingga membuat beton memiliki keruntuhan yang bersifat daktail. Hal ini bertujuan apabila terjadi retak atau runtuh pada beton, beton tersebut masih mampu menahan beban sehingga masih memungkinkan untuk dilakukannya tindak penyelamatan sebelum konstruksi tersebut runtuh. Masalah tersebut dapat diatasi dengan menambahkan tulangan ataupun menggunakan bahan substitusi untuk mengurangi sifat getas pada beton.

Bahan substitusi merupakan bahan yang dapat menggantikan salah satu material beton seperti agregat kasar, agregat halus, maupun semen dengan material lain seperti serat nilon.

Menurut Balaguru & P. Shah (1992) alasan utama dalam penambahan serat pada beton adalah untuk meningkatkan kapasitas energi absorpsi dari matriks, yang dapat ditentukan pada daerah dibawah kurva tegangan-regangan atau dari perilaku pada hubungan beban dan defleksi dari suatu elemen atau biasa disebut ketangguhan lentur (*flexural toughness*). Penambahan serat nilon ini dapat menambah mutu beton sehingga saat terjadi retak, beton tidak langsung terpecah karena serat nilon yang mengikat material beton tersebut.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka disusunlah Tugas Akhir dengan judul : **“Ketangguhan Lentur Beton SCC dengan Penambahan Serat Nilon”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan, maka dirumuskanlah permasalahan penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi substitusi serat nilon pada Beton SCC terhadap ketangguhan lentur (*flexural toughness*)?
2. Bagaimana perbandingan *index toughness* antara beton SCC normal dan beton SCC dengan penambahan serat nilon?
3. Bagaimana pola retak dan penyebaran serat nilon yang terjadi pada beton SCC?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh variasi substitusi serat nilon pada beton SCC terhadap ketangguhan lentur (*flexural toughness*).
2. Membandingkan *index toughness* antara beton SCC normal dan beton SCC dengan penambahan serat nilon.
3. Mengamati pola retak dan penyebaran serat nilon pada beton SCC.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai penambah pengetahuan dan informasi mengenai ketangguhan lentur (*flexural toughness*) pada beton SCC normal dan beton SCC dengan variasi substitusi agregat dengan serat nilon.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang penggunaan serat nilon pada campuran beton.
3. Sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

E. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini ruang lingkupnya dibatasi agar tidak terlalu luas.

Adapun batasan masalah meliputi :

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang berasal dari daerah Bili-bili, Gowa.

2. Serat nilon yang digunakan adalah hasil pabrikan dengan beberapa variasi seperti variasi diameter 0,65 mm dan 0,35 mm, variasi panjang 20 mm dan 15 mm, dan variasi penambahan 0,5% dan 1% dari berat semen.
3. Semen yang digunakan adalah *Portland Composit Cement*.
4. Perhitungan ketangguhan lentur (*flexural toughness*) dan *index toughness* diperoleh dari pengujian kuat lentur.
5. Analisa perhitungan ketangguhan lentur (*flexural toughness*) pada beton dibatasi mulai dari defleksi belum terjadi sampai dengan defleksi pada beban maksimum sebelum balok runtuh.
6. Standar pengujian pada penelitian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI).
7. Rencana campuran beton menggunakan metode *The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete System* (EFNARC).
8. Pengujian *Slump Flow* menggunakan metode JIS 1105:2007.
9. Penelitian ini dilakukan percobaan di laboratorium dan tidak dilakukan uji lapangan.
10. Pengujian kuat lentur menggunakan *Universal Testing Machine* kapasitas 1000 kN dengan metode dua titik pembebanan yang dilakukan pada beton umur 28 hari.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini bertujuan membagi kerangka masalah dalam beberapa bagian dengan maksud agar masalah yang dibahas menjadi jelas dan mudah dipahami.

Tugas akhir ini terdiri dari lima bab, adapun urutan penyajiannya adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang gambaran umum mengenai latar belakang pemilihan judul tugas akhir, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori singkat dan gambaran umum tentang beton, serat nilon, dan material sampel berdasarkan literature yang digunakan.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian, pengumpulan data, bahan penelitian, lokasi penelitian hingga pengujian yang dilakukan.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium serta pembahasan hasil pengujian yang diperoleh.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini adalah bab terakhir dari penyusunan tugas akhir ini yang berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan disertai dengan saran-saran.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Beton

Menurut SNI 2847:2013, beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan.

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 (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007).

Beton yang baik, setiap butir agregat seluruhnya terbungkus dengan mortar. Demikian pula halnya dengan ruang antar agregat, harus terisi oleh mortar. Jadi kualitas pasta atau mortar menentukan kualitas beton (Nugraha Paul dan Antoni, 2007)

Menurut Kardiyono Tjokrodimuljo (2007), beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut ini.

1. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah
3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya
4. Pengerjaan atau *workability* mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih murah.

Selain keunggulan di atas, beton juga sebagai struktur mempunyai beberapa kelemahan yang perlu dipertimbangkan :

1. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat,

sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula

3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.

B. Beton *Self Compacting Concrete* (SCC)

Beton *self compacting concrete* (SCC) adalah beton SCC itu sendiri adalah campuran beton yang memadat sendiri tanpa menggunakan alat pemadat (vibrator) untuk memperoleh konsolidasi yang baik, atau SCC adalah beton yang dapat berkonsolidasi dengan baik karena kondisi dan beratnya sendiri. Dengan kata lain beton *Self Compacting Concrete* (SCC) merupakan beton yang mampu memenuhi atau mengisi bekisting (*formwork*) dan mencapai kepadatan tertingginya (Juvas, 2004).

Beton dapat dikategorikan *Self Compacting Concrete* (SCC) apabila beton tersebut memiliki sifat-sifat tertentu. Diantaranya memiliki *slump* yang menunjukkan campuran atau pasta beton yang memiliki kuat geser dan lentur yang rendah sehingga dapat masuk dan mengalir dalam celah ruang dalam formwork dan tidak diizinkan memiliki segregasi akibat nilai slump yang tinggi. Karakteristik *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah memiliki nilai slump berkisar antara 500-700 mm (Nagataki dan Fujiwara 1995).

Kriteria *workability* dari campuran beton yang baik pada *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah mampu memenuhi kriteria berikut :

- *Fillingability*, kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan.
- *Passingability*, kemampuan campuran beton untuk melewati struktur ruangan yang rapat.
- *Segregation resistance*, ketahanan campuran beton segar terhadap efek segregasi.

Komposisi agregat kasar pada beton konvensional menempati 70-75% dari total volume beton. Sedangkan dalam SCC agregat kasar dibatasi jumlahnya sekitar kurang lebih 50% dari total volume beton. Pembatasan agregat ini bertujuan agar beton bisa mengalir dan memadat sendiri tanpa alat pemadat (Okamura dan Ouchi 2003).

C. Material Penyusun Beton

Beton didapat dengan mencampurkan semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan kadang-kadang campuran lain (Chu-Kia Wang, 1993).

C.1 Semen Portland Komposit / *Portland Composit Cement* (PCC)

Semen adalah bahan berbutir halus hasil gilingan, yang bukan merupakan pengikat, tetapi menjadi bersifat pengikat sebagai hasil hidrasi (yaitu reaksi kimia antara semen dan air). Semen hidraulis paling banyak dipakai adalah semen Portland (Aji, Pujo, dan Rahmat, 2010).

Semen Portland adalah semen yang banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi umum seperti pekerjaan beton, pemasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding, dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, nbata beton (*paving block*), dsb (SNI-15-7064-2004). Menurut ASTM C-150,1985, semen Portland didefinisikan sebagai 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 bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen PCC merupakan turunan oleh semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) yang bahan baku pembuatannya sama dengan bahan baku OPC (*Ordinary Portland Cement*) tetapi pada Type semen PCC ditambahkan pula aditif selain Gypsum ada Zat Aditif lain yang ditambahkan yang tidak terdapat pada semen OPC yaitu : *Lime stone*, *Fly Ash* dan *Trass*. Ketiga Aditif tersebut mempunyai kontribusi yang sangat-sangat penting sehingga semen type PCC (*Portland Composite Cement*) mempunyai kualitas yang dihasilkan lebih baik dari semen type OPC (*Ordinary Portland Cement*). Kuat tekan merupakan kemampuan semen untuk menahan beban yang diberikan. Besar kecilnya kuat tekan yang diberikan oleh semen merupakan parameter terhadap kualitas semen (Julian Bagus Hariawan, 2007).

Menurut SNI 15-7064:2004 Semen Portland Composite adalah bahan pengikat hidrolisis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gyps dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran

antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain Terak Tanur Tinggi (blast Furnace Slag), pozzolan, senyawa silicat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6% – 35 % dari massa semen portland komposite. Adapun sifat-sifat yang dimiliki oleh semen PCC (*Portland Composite Cement*) antara lain:

1. Mempunyai panas hidrasi rendah sampai sedang
2. Tahan terhadap serangan sulfat
3. Kekuatan tekan awal kurang, namun kekuatan akhir lebih tinggi

C.2 Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang saling berperan dalam menentukan besarnya kekuatan beton. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat, maka sifat-sifat agregat ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap perilaku dari beton yang sudah mengeras. Sifat agregat bukan hanya mempengaruhi sifat beton, akan tetapi juga mempengaruhi ketahanan (*durability*, daya tahan terhadap kemunduran mutu akibat siklus dari pembekuan-pencairan). Oleh karena agregat lebih murah dari semen, maka logis untuk menggunakan dengan presentasi setinggi mungkin. Umumnya, untuk kekuatan maksimum, ketahanan, dan ekonomi, agregat harus dipak dan disemen dengan berdasarkan ukuran dan suatu campuran yang layak telah menyatakan presentase dari agregat yang halus dan kasar (Chu-Kia Wang, 1993).

Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh masa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, *homogeny*, dan rapat, dimana agregat berukuran kecil mengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar (Nawy, 2010). Berdasarkan ukuran butirnya, agregat dapat dibedakan menjadi dua, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2834-2000, agregat kasar 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.

Tabel 1. Syarat Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	% Kumulatif Lolos Ukuran Butir Nominal Saringan (mm)			
	37,5-4,75	25-4,74	19-4,75	12-4,75
37,5	95-100	100	-	-
25	-	95-100	100	-
19	35-70	-	90-100	100
12,5	-	25-60	-	90-100
9,5	30-6	-	20-55	40-70
4,75	0-5	0-10	0-10	0-15
2,36	-	0-5	0-5	0-5

(sumber: ASTM)

Menurut ASTM C33, syarat-syarat agregat kasar adalah :

1. Kerikil atau batu pecah harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal. Agregat yang mengandung butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.
2. Agregat kasar yang akan digunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup untuk menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton.
3. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh garam-sulfat :
 - Jika dipakai natrium sulfat, bagian yang hancur maks. 12% berat agregat.
 - Jika dipakai magnesium sulfat, bagian yang hancur maks. 12% berat agregat.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton seperti bahan-bahan yang reaktif sekali dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan NaOH.

5. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering) dan apabila mengandung lebih dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.
 6. Kekerasan dari agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20 ton dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5-19 mm lebih dari 24% berat.
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22% berat.
 7. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan menggunakan ayakan standar ISO harus memenuhi persyaratan.
 8. Besar butir agregat kasar maksimum tidak boleh lebih daripada $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ dari tebal pelat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau berkas tulangan.
- b. Agregat Halus
- Menurut SNI 02-6820-2002, agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum 4,75 mm. Adapun syarat-syarat agregat halus menurut ASTM C33 adalah :

1. Kadar lumpur atau bagian butir lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no. 200), dalam % berat, maksimum :
 - Untuk beton mengalami abrasi : 3,0
 - Untuk jenis beton lainnya : 5,0
2. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah direpihkan, maksimum 3,0%.
3. Kandungan arang dan lignit :
 - Bila tampak, kandungan beton dianggap penting kandungan maksimum 0,5%
 - Untuk beton jenis lainnya 1,0%
4. Agregat halus bebas dari pengotoran zat organik yang merugikan beton. Bila diuji dalam larutan Natrium Sulfat dan dibandingkan dengan warna standar, tidak lebih tua dari warna standar. Jika warna lebih tua dari maka agregat halus itu harus ditolak, kecuali apabila :
 - Warna lebih tua timbul oleh adanya sedikit arang lignit atau yang sejenisnya.
 - Diuji dengan cara melakukan percobaan perbandingan kuat tekan mortar memakai agregat tersebut terhadap kuat tekan mortar yang memakai pasir standar silica, menunjukkan nilai kuat tekan mortar tidak kurang dari 95% kuat tekan mortar

memakai plastic standar. Uji kuat tekan mortar harus dilakukan sesuai dengan cara ASTM C87.

5. Agregat halus yang akan dipergunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup untuk menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton.
6. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh garam-sulfat :
 - Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maks. 10%
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maks. 15%
7. Susunan besar butir (gradasi). Agregat halus harus mempunyai besar butir dalam batas-batas sebagai berikut:

Tabel 2. Syarat Gradasi Agregat Halus

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

Agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos lebih dari 45% pada suatu ukuran ayakan dan tertahan pada ayakan berikut. Modulus kehalusannya tidak kurang dari 2,3 dan tidak boleh lebih dari 3,1.

C.3 Air

Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air akan mengakibatkan beton akan menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh pada :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penggunaan beton. Jumlah air yang digunakan tentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Pengaruh kotoran secara umum dapat menyebabkan :

1. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
2. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan.
3. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan.

4. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
5. Bercak-bercak pada campuran beton.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organis lainnya yang dapat merusak beton atau tulangannya (SNI 03-2847-2002).

C.4 Superplasticizer

Superplasticizer adalah bahan tambah kimia yang melarutkan gumpalan-gumpalan 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.

Superplasticizer sangat diperlukan untuk mempertahankan nilai slump yang tinggi. Keistimewaan penggunaan *superplasticizer* dalam campuran pasta semen maupun campuran beton antara lain:

- a. Menjaga kandungan air dan semen tetap konstan sehingga didapatkan campuran dengan *workability* tinggi.
- b. Mengurangi jumlah air dan menjaga kandungan semen dengan kemampuan kerjanya tetap sama serta menghasilkan faktor air

- semen yang lebih rendah dengan kekuatan yang lebih besar.
- c. Mengurangi kandungan air dan semen dengan faktor air semen yang konstan tetapi meningkatkan kemampuan kerjanya sehingga menghasilkan beton dengan kekuatan yang sama tetapi menggunakan semen lebih sedikit.
 - d. Tidak ada udara yang masuk. Penambahan 1% udara kedalam beton dapat menyebabkan pengurangan strength rata-rata 6%. Untuk memperoleh kekuatan yang tinggi, diharapkan dapat menjaga "air content" didalam beton serendah mungkin. Penggunaan superplasticizer menyebabkan sedikit bahkan tidak ada udara masuk kedalam beton.
 - e. Tidak adanya pengaruh korosi terhadap tulangan.

Dalam penelitian ini, *superplasticizer* yang digunakan adalah *viscocrete* 3115N.

D. Material Substitusi Beton

Dalam pembuatan *mix design* ada beberapa bahan yang dapat disubstitusikan ke dalam campuran beton tersebut seperti serat. Dalam hal ini, penelitian ini menggunakan serat nilon sebagai bahan substitusi.

D.1 Serat Nilon

Nilon adalah kopolimer kondensasi dibentuk dengan mereaksikan bagian yang sama dari sebuah diamina dan asam dikarboksilat, sehingga amida yang terbentuk pada kedua ujung masing-masing monomer dalam

proses analog dengan polipeptida biopolimer. Elemen kimia yang termasuk adalah karbon, hidrogen, nitrogen, dan oksigen.

Serat nilon yang termasuk serat polymeric 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 nilon 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. Berikut beberapa sifat dari bahan nilon :

- 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

Tabel 3. Karakteristik Serat Nilon (Stevens, 1995)

Karakteristik	Serat Nilon
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)

Terdapat kelebihan dan kekurangan dalam penggunaan serat nilon atau serat *polymeric*. Kelebihan dari penggunaan serat nilon pada beton antara lain:

1. 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.
2. Mengurangi retak-retak karena susut dan terjadinya korosi tulangan baja.
3. Memungkinkan adanya kekuatan beton setelah terjadinya keretakan.

Adapun kekurangan dari serat jenis ini adalah:

1. Mudah terbakar. Kebakaran akan menyebabkan bertambahnya porositas pada beton sesuai dengan persentase volume dari serat yang ada pada beton.
2. 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.



Gambar 1. Serat Nilon

E. Faktor yang Mempengaruhi Peforma Serat

Penelitian yang menggabungkan antara matrik dan serat harus memperhatikan beberapa factor yang mempengaruhi peforma *Fiber-Matrik Composites* antara lain:

a. Faktor Serat

Serat adalah bahan pengisi matri yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

b. Letak Serat

Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanis komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut. Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian, yaitu:

1. *One dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah axis serat.
2. *Two dimensional reinforcement* (planar), mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat.
3. *Three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat *isotropic* kekuatannya lebih tinggi dibandingkan dengan dua tipe sebelumnya. Pada pencampuran dan arah serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak maka sifat mekanik pada 1 arahnya akan melemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar ke segala arah maka kekuatan akan meningkat.

c. Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 penggunaan serat dalam campuran komposit, yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika dibandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter

yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah *aspect ratio*. Bila *aspect ratio* makin besar maka makin besar pula kekuatan tarik serat pada komposit tersebut.

Serat panjang (*continuous fiber*) lebih efisien dalam perletakkannya dari pada serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah perletakkannya daripada serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat. Pada umumnya, serat panjang lebih mudah penanganannya jika dibandingkan dengan serat pendek.

d. Bentuk Serat

Penambahan *hooked fiber* kedalam adukan beton dapat menaikkan kuat tarik, kuat desak, dan kuat lentur, tetapi menurunkan kelecakan adukan beton sehingga beton menjadi sulit dikerjakan.

e. Diameter Serat

Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya, kadungan seratnya juga mempengaruhi (Schwartz, 1984).

f. Faktor Matrik

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser

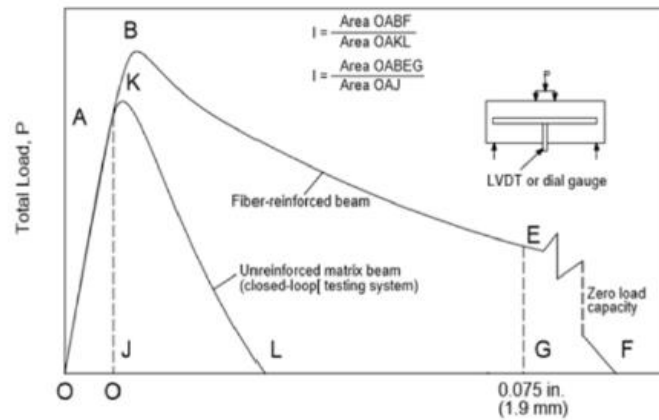
antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan. Pembuatan komposit serat membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matrik. Untuk memilih matrik harus diperhatikan sifat-sifatnya antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap guncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matrik. Bahan polimer yang sering digunakan sebagai material matrik dalam komposit ada dua macam, yaitu *thermoplastic* dan *termoset*.

F. Ketangguhan Lentur (*Flexural Toughness*)

Salah satu dari alasan utama penambahan serat pada beton adalah untuk meningkatkan kapasitas absorbs energy pada matriks, yang dapat dihitung dari luas di bawah kurva tegangan-regangan atau dari perilaku beban-lendutan. Dalam kasus lentur, daerah dibawah kurva beban-deformasi digunakan untuk memperkirakan kapasitas absorbs energy atau ketangguhan material. Peningkatan *toughness* juga berarti peningkatan kinerja pada *fatigue*, *impact*, dan beban impuls. Mekanisme *toughness* memberikan daktilitas (Balaguru & P. Shah, 1992).

Seperti dilansir ACI Commite 544 di *Fiber Reinforced Concrete*, cara yang dipakai untuk menentukan indeks *toughness* I_t adalah dengan rasio berikut :

$$I_t = \frac{\text{area under the load - deflection graph until the load reaches zero for fiber composite}}{\text{area under the load - deflection graph until it reaches zero load to plain matrix}}$$



Gambar 2. Definisi *toughness* dan indeks *toughness* menurut ACI

Sumber : (Balaguru & P. Shah, 1992)

Dalam prosedur ASTM C1028, penyebut dalam persamaan diatas diambil sebagai daerah di bawah kurva beban-defleksi hingga retak pertama. Retak pertama diasumsikan terjadi pada titik di mana kurva beban-defleksi menyimpang dari bagian linier awal. Pembilang diambil sebagai daerah di bawah kurva beban-defleksi hingga defleksi tertentu. Tiga tingkat defleksi, yaitu 3δ , 5.58δ , dan 10.5δ , disarankan untuk pembilang. Istilah δ adalah defleksi hingga retak pertama. Nilai defleksi lebih besar dari 10.5δ juga dapat dipilih untuk komposit yang bisa membawa beban yang cukup besar di defleksi yang besar.

G. Penelitian Sebelumnya

G.1 Agus Susanto dan Slamet Widodo (2010)

Pada *Efek Penambahan Serat Polypropoylene Terhadap Daya Lekat dan Kuat Lentur Pada Rehabilitasi Struktur Beton dengan Self-Compacting Repair Mortar (SCRM)* secara umum meningkatkan beban maksimum. Kuat lentur beton pada variasi 0 kg serat sebesar 4,156 MPa, pada variasi 1 kg serat sebesar 4,988 MPa, pada variasi 2 kg serat sebesar 2,601 MPa sedangkan pada variasi 3 kg sebesar 2,543 MPa. Peningkatan yang paling besar terjadi pada komposisi 1 kg serat. Komposisi yang paling optimum tercapai saat penambahan serat polypropylene sebesar 1 kg/m³, karena dapat meningkatkan kuat lentur sebesar 20,09%.

G.2 Ahmad Saifudin, dkk (2015)

Pada penelitian *Pengaruh Dosis, Aspek Rasio, dan Distribusi Serat Terhadap Kuat Lentur dan Kuat Tarik Belah Beton Berserat Baja* ini menggunakan serat baja *dramix* dengan dosis yang digunakan sebesar 20 kg/m³, 40 kg/m³, 60 kg/m³, dan 80 kg/m³ dimana penambahan serat baja dengan berbagai dosis dapat meningkatkan kuat lentur. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai kuat lentur beton dengan penambahan serat tipe RC 80/60 BN dengan dosis 20 kg/m³, 40 kg/m³, 60 kg/m³, dan 80 kg/m³, berturut-turut sebesar 2,80 MPa, 2,99 MPa, 3,61 MPa, dan 4,41 MPa, sedangkan pada penambahan serat tipe RC 65/35 BN dengan dosis 20 kg/m³, 40 kg/m³, 60 kg/m³, dan 80 kg/m³ nilai kuat lentur berturut-turut

sebesar 2,62 MPa, 2,74 MPa, 3,42 MPa, dan 4,35 MPa. Semakin banyak dosis serat dan semakin besar aspek rasio serat semakin besar pula kuat lenturnya. Kuat lentur maksimum didapat dari hasil penambahan serat 80 kg/m³ tipe RC 80/60 BN yang mencapai 4,414 MPa atau meningkat 77,02% dibandingkan beton normal.

Kuat lentur ekuivalen beton serat saat defleksi 0,33 mm berbanding terbalik dengan dosis serat. Semakin besar dosis serat semakin kecil kuat lentur ekivalennya, sedangkan kuat lentur ekuivalen beton serat saat defleksi 0,33-2,0 mm berbanding lurus dengan dosis serat. Semakin besar dosis serat semakin besar pula kuat lentur ekivalennya. Dosis dan aspek rasio serat mempengaruhi nilai *toughness index* beton serat. Semakin banyak dosis serat semakin kecil *toughness index* beton serat, sedangkan semakin besar aspek rasio serat semakin besar pula *toughness index* beton serat.

G.3 N. Retno Setiati (2016)

Dalam *Kajian Penambahan Serat Sintetik Pada Campuran Beton Terhadap Sifat Mekanik Beton* membahas bagaimana efek penambahan serat sintetik dengan komposisi 0,4% dan 0,5% volume absolut campuran beton pada perilaku mekanik beton pada pelat berukuran 1500 x 1500 mm dengan ketebalan 200 mm dan 250 mm. Secara umum, pelat yang berserat dengan tebal 200 mm, nilai lendutannya lebih besar 17% dan memiliki energi absorpsi lebih besar 22% dibandingkan pelat tanpa serat sintetik. Besarnya peningkatan kapasitas lentur berkisar antara (20 – 30)% dari pelat yang tidak

ditambah dengan serat sintetik. Akan tetapi pada pelat dengan ketebalan 250 mm tidak terjadi peningkatan kapasitas momen lentur jika campuran beton ditambah dengan 0,4% atau 0,5%. Penambahan serat sintetik pada pelat dengan tebal 250 mm dapat menurunkan nilai daktilitas sebesar (9 – 13)% dan menurunkan energi absorpsi sebesar (45 – 55)%.

G.4 Gabriella Agnes Luvena S, dkk (2017)

Penelitian *Pengaruh Penambahan Serat Baja Pada Self Compacting Concrete Mutu Tinggi* bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat baja pada sifat fisik dan mekanik *self-compacting concrete* mutu tinggi dengan target $f_c' = 70$ MPa. Serat baja yang digunakan bermerek *Dramix 3D* dengan diameter 0,75 mm, rasio panjang-diameter (l/d) 80 dan variasi volume fraksi 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1%. Sifat fisik beton segar yang diuji adalah *slump flow*, *V-funnel*, dan *L-box*.

Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan kadar serat baja akan menurunkan *workability* beton segar SCC mutu tinggi. Sifat fisik beton segar dengan serat 0,5% dan 0,75% memenuhi syarat dalam *The European Guidelines For Self Compacting Concrete* (TEGFSCC-2005) tetapi SCC dengan serat 1% tidak memenuhi syarat. Hasil rerata pengujian kuat tekan dan ketahanan kejutan pada SCC dengan kadar serat 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% umur 28 hari adalah 85,44 MPa, 79,94 MPa, 90,38 MPa, 91,729 MPa dan 9, 23,67, 25, serta 27 pukulan hingga beton runtuh total. Berdasarkan hasil penelitian ini, direkomendasikan penggunaan serat 0,75% dari volume beton

karena dapat meningkatkan sifat mekanik beton dan memenuhi untuk semua persyaratan *self-compacting concrete*.

G.5 Rita Irmawaty, dkk (2020)

Dalam penelitian *Flexural Toughness of Concrete with Aggregate Substitution (steel fiber, crumb rubber, and tire chips)* dilakukan pengujian kuat tekan lentur pada balok berumur 28 hari pada beton substitusi *Dramix Steel Fiber* sebanyak 2,5%, 5%, dan 7,5% serta beton dengan penambahan 10%, 20%, dan 30% *crumb rubber* dan *tire chips*. Beton dengan substitusi *dramix steel fiber* mengalami peningkatan *flexural toughness* dari beton normal, dimana *flexural toughness* beton normal untuk *dramix steel fiber* sebesar 2173,228 Nmm. *Flexural toughness* beton dengan substitusi *dramix steel fiber* 2,5%, 5%, dan 7,5% rata-rata berturut-turut adalah 3922,461 Nmm; 4332,504 Nmm; 6576,993 Nmm.

Kebalikan dari substitusi *dramix steel fiber* yang berbanding lurus volume substitusi dengan nilai *flexural toughness*, beton dengan substitusi *crumb rubber* berbanding terbalik antara volume substitusi dengan *flexural toughness*nya, adapun *flexural toughness* rata-rata beton dengan variasi volume *crumb rubber* 10%, 20%, 30% berturut-turut adalah 6386,225 Nmm; 3358,927 Nmm; 3206,330 Nmm. Besar *flexural toughness* rata-rata beton normal untuk variasi *crumb rubber* sebesar 4384,237 Nmm sehingga dapat disimpulkan, peningkatan *flexural toughness* terjadi pada variasi *crumb rubber* 10%. Sedangkan *flexural toughness* pada beton normal dengan

substitusi *tire chips* sebesar 4384,237 Nmm dan *flexural toughness* beton dengan variasi *tire chips* 10, 20%, dan 30% berturut-turut adalah 4256,820 Nmm; 2818,807 Nmm; 2137,19 Nmm.