

PENGARUH PENAMBAHAN *FIBER* BAJA SELING DENGAN *VOLUME FRACTION* 0,4%, 0,6% DAN 0,8% TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK LENTUR PADA BETON MUTU NORMAL

(SKRIPSI)

Oleh:

TIFFANY MARVIN



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2016

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN *FIBER* BAJA SELING DENGAN *VOLUME FRACTION* 0,4%, 0,6% DAN 0,8% TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK LENTUR PADA BETON MUTU NORMAL

Oleh

TIFFANY MARVIN

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari dan mengetahui pengaruh serat baja seling terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur pada beton mutu normal dengan konsentrasi serat 0,4%, 0,6% dan 0,8%. Studi ini menggunakan metode eksperimen di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung. Benda uji kuat tekan berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan benda uji kuat lentur berupa balok dengan panjang 40 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 10 cm. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton mutu normal dengan konsentrasi serat 0,4%, 0,6% dan 0,8% dilakukan setelah 14 dan 28 hari. Kuat tekan dan kuat lentur maksimal terjadi pada beton serat dengan konsentrasi serat 0,6% dan menurun pada konsentrasi serat 0,8%. Kuat tekan maksimal sebesar 27,5537 MPa pada konsentrasi serat 0,6% dan nilai optimum dari grafik regresi polinomial didapatkan kuat tekan sebesar 27,6028 MPa pada konsentrasi serat 0,5754%. Kuat lentur maksimal sebesar 5,6899 MPa pada konsentrasi serat 0,6% dan nilai optimum dari grafik regresi polinomial didapatkan kuat lentur sebesar 5,7163 MPa pada konsentrasi serat 0,5687%. Penambahan serat baja seling tidak memberikan kontribusi yang besar dalam peningkatan kuat tekan, sedangkan pada kuat tarik lentur, serat baja seling pada penelitian ini mempunyai kuat tarik yang tinggi, yaitu 1733,46 MPa sehingga dapat memberikan peningkatan kuat lentur yang signifikan.

Kata kunci : kuat tekan, kuat lentur, beton serat, serat baja seling

ABSTRACT

STEEL SLING FIBER 0,4%, 0,6% AND 0,8% VOLUME FRACTION INFLUENCE OF COMPRESSIVE STRENGTH AND FLEXURAL STRENGTH ON NORMAL QUALITY CONCRETE

By

TIFFANY MARVIN

This research was conducted to study and determine the influence of steel sling fiber 0,4%, 0,6% and 0,8% volume fraction of compressive strength and flexural strength on normal quality concrete. This study used an experimental method in the Laboratory of Material and Construction Engineering Faculty, University of Lampung. The compressive strength test specimen is a 30 cm height and 15 cm diameter cylinder and the flexural strength test specimen is a 40 cm length, 10 cm width and 10 cm height beam. The compressive strength and flexural strength test of normal quality concrete with 0,4%, 0,6% and 0,8% volume fraction held after 14 and 28 days. The maximum compressive strength and flexural strength value are at 0,6% volume fraction and decrease at 0,8% volume fraction. The maximum compressive strength is 27,5537 MPa at 0,6% volume fraction and the optimum value from polynomial trendline chart is 27,6028 MPa at 0,5754% volume fraction. The maximum flexural strength is 5,6899 MPa at 0,6% volume fraction and the optimum value from polynomial trendline chart is 5,7163 MPa at 0,5687% volume fraction. The steel sling fiber didn't affect a high increase of the compressive strength, but this steel sling fiber had a high flexural strength which is 1733,46 MPa, so it affected a significant increase of the flexural strength test.

Keywords : compressive strength, flexural strength, fiber concrete, steel sling fiber

PENGARUH PENAMBAHAN *FIBER* BAJA SELING DENGAN *VOLUME FRACTION* 0,4%, 0,6% DAN 0,8% TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK LENTUR PADA BETON MUTU NORMAL

Oleh

TIFFANY MARVIN

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi

: **PENGARUH PENAMBAHAN FIBER BAJA SELING DENGAN VOLUME FRACTION 0,4%, 0,6% DAN 0,8% TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK LENTUR PADA BETON MUTU NORMAL**

Nama Mahasiswa

: **Tiffany Marvin**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1215011105

Program Studi


: Teknik Sipil

Fakultas

: Teknik

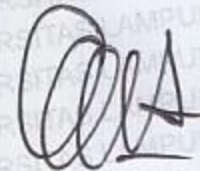


1. Komisi Pembimbing


Ir. Eddy Purwanto, M.T.
NIP. 195512121990101001


Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP. 196204081989032001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

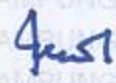

Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 197009151995031006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

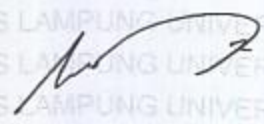
Ketua

: Ir. Eddy Purwanto, M.T.



Sekretaris

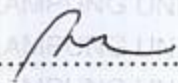
: Ir. Laksmi Irianti, M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Ratna Widyawati, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Suharno, M.Sc

NIP 196207171987031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Juni 2016

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul Pengaruh Penambahan Fiber Baja Seling dengan Volume Fraction 0,4%, 0,6% dan 0,8% terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur pada Beton Mutu Normal adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Juni 2016

Pembuat Pernyataan



Tiffany Marvin

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 22 Februari 1995, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara dari Bapak Finaldin dan Ibu Maria Lutan.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Xaverius I Bandar Lampung pada tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan pada tahun 2009 di SMP Xaverius I Bandar Lampung dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Xaverius Bandar Lampung pada tahun 2012. Penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2012 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Tertulis.

Penulis turut dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung pada tahun 2014/2015. Penulis telah melakukan Kerja Praktek (KP) pada Proyek Pembangunan Hotel Whiz Prime Lampung selama 3 bulan. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gunung Tiga, Kecamatan Ulubelu, Kabupaten Tanggamus selama 40 hari pada periode Januari-Februari 2015. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam HIMATEKS periode 2014-2015, UKM-U Buddha Unila sebagai Sekretaris Umum periode tahun 2013-2014 dan Wakil Ketua Umum pada periode tahun 2014-2015.

Persembahan

Untuk Papa dan Mama yang selalu mendoakan dan memberi motivasi.

Untuk kakakku Felicia Marvin dan adikku Jesslyn Angelica Marvin

Untuk semua guru-guru dan dosen-dosen yang telah mengajarkan banyak hal. Terima kasih untuk ilmu, pengetahuan dan pelajaran hidup yang sudah diberikan.

Untuk teman-teman spesialku, keluarga baruku, rekan seperjuanganku di UKM-U Buddha UNILA, KKN Gunung Tiga 2015 dan Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2012.
Sukses untuk kita semua.

MOTTO

The mind is everything. What you think you become.

(The Buddha)

Give, even if you only have a little.

(The Buddha)

Everyone makes mistakes. The wise are not people who never make mistake, but those who forgive themselves and learn from their mistake

(Ajahn Brahm)

Whatever You are be a Good One.

(Buddhist Reborn)

A strong person is not the one who doesn't cry.
They cry and shed tears for a moment, then get up and fight again.

(Anonymous)

I just think a good thing will be happen if you are
a good person with a good attitude.

(Anonymous)

Judge nothing you will be happy. Forgive everything you will be happier.

Love everything you will be happiest.

(Anonymous)

Karma has no deadline.

(Anonymous)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Pengaruh Penambahan Fiber Baja Seling dengan Volume Fraction 0,4%, 0,6%, dan 0,8% terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur pada Beton Mutu Normal. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Atas terselesainya skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Eddy Purwanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing 1 skripsi saya yang telah membimbing dalam proses penyusunan skripsi.
4. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Dosen Pembimbing 2 skripsi saya yang telah membimbing dalam proses penyusunan skripsi.
5. Ibu Dr. Ratna Widyawati, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji skripsi saya yang telah membimbing selama seminar penelitian.
6. Ibu Dr. Dyah Indriana K, S.T.,M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan.

7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung atas ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
8. Keluarga tercinta, papa Finaldin dan mama Maria Lutan, kakakku Felicia Marvin, adikku Jesslyn Angelica Marvin, seluruh keluarga dan Ronald Floy Zefran yang telah memberikan dukungan dan doa.
9. Rekan seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2012, Shartyka, Selvia, Lidya, Respa, Febrian, Rio, Tasia, Bagus, Andriyana, Martha, Vidya, Lexono, Eddy, Susi, George, Andriansyah, Aini, Rahmat, Rahmi, Mutya, Milen, Hasna, Ana, Arra, Vera, Meri, Laras, Danu, Mutiara, Ratna, Sherli, Flo, Restu, Pras, Risqon, Santo, Oktario, Wahyuddin, Dea, Ikko, Ica, Fita, Windy, Rizca, Della, Meutia, Lutfi, Robby, Giwa, Kevin, Arya, Amor, Feby, Zaina, Mawan, Faizin, Yota, Hedi, Ancha, Yogi, Firdaus, Philipus, Naufal, Adit, Taha, Arga, Yance, Ical, Ari, Sholeh, Yudi, Datra, Edwin, Fadli, Fajar, Indrawan, Rinaldi, Afif, Fazri, Aryodi, Wiwid, Tristia, Yuda, kakak dan adik Teknik Sipil Unila yang telah memberi dukungan dan doa.
10. Rekan KKN Gunung Tiga 2015, Okta, Umpu, Ulung, Ica, Moly, Dwika dan Kadek yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, Juni 2016

Penulis

Tiffany Marvin

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Definisi Beton	5
B. Sifat-sifat Beton	5
C. Bahan Pembentuk Beton.....	9
D. Konsep Beton Serat (<i>Fiber Concrete</i>)	13
E. Landasan Teori.....	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	
A. Bahan	18
B. Peralatan.....	19
C. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	22
D. Analisis Data.....	30
E. Diagram Alir Penelitian	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisik Material.....	33
B. Perencanaan Campuran Beton	41
C. Nilai <i>Slump</i> dan <i>VB-time</i>	42
D. Berat Volume Beton	44
E. Kuat Tekan Beton	46
F. Kuat Lentur Beton.....	52
G. Perbandingan dengan Persamaan Prediksi Kuat Tekan dan Lentur	58

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kesimpulan	60
B. Saran	62

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Jenis-jenis serat baja.....	12
2. <i>Setting up</i> pengujian kuat tekan	29
3. <i>Setting up</i> pengujian kuat tarik lentur	30
4. Diagram alir pelaksanaan penelitian	32
5. Grafik hasil pengujian gradasi agregat halus	35
6. Grafik hasil pengujian gradasi agregat kasar	39
7. Grafik hubungan antara nilai <i>slump</i> dan <i>volume fraction</i>	43
8. Grafik hubungan antara nilai <i>VB-time</i> dan <i>volume fraction</i>	44
9. Grafik perbandingan kuat tekan beton serat dengan <i>volume fraction</i> 0,4%, 0,6% dan 0,8% pada umur 14 dan 28 hari.....	48
10. Grafik hubungan kuat tekan beton dengan <i>volume fraction</i> serat baja seling pada umur 28 hari.....	50
11. Grafik perbandingan kuat lentur beton serat dengan <i>volume fraction</i> 0,4%, 0,6% dan 0,8% pada umur 14 dan 28 hari.....	53
12. Grafik hubungan kuat lentur beton dengan <i>volume fraction</i> serat baja seling pada umur 28 hari	55
13. <i>Fiber bridging</i> yang menahan tegangan tarik	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya.....	6
2. Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur (PBI 1971, NI-2).....	6
3. Beberapa jenis beton menurut berat jenisnya.....	9
4. Gradasi standar agregat halus.....	10
5. Gradasi standar agregat kasar.....	11
6. Sifat berbagai macam bahan <i>fiber</i>	13
7. Ukuran saringan pada penelitian gradasi agregat	20
8. Spesifikasi pengujian material	24
9. Jumlah dan kode benda uji umur 14 hari	25
10. Jumlah dan kode benda uji umur 28 hari	25
11. Hasil pengujian kadar air agregat halus	33
12. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.....	34
13. Hasil pengujian gradasi agregat halus.....	35
14. Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	35
15. Hasil pengujian berat volume agregat halus	36
16. Hasil pengujian kadar air agregat kasar	37
17. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.....	37
18. Hasil pengujian gradasi agregat kasar.....	38
19. Hasil pengujian berat volume agregat kasar	39

20. Hasil pengujian berat jenis semen PCC	40
21. Hasil pengujian waktu pengikatan semen PCC	41
22. Perencanaan campuran beton per 1 m ³ dan serat baja seling	41
23. Nilai <i>slump</i> dan <i>VB-time</i> beton serat	42
24. Berat volume beton untuk benda uji silinder	45
25. Berat volume beton untuk benda uji balok	45
26. Hasil pengujian kuat tekan beton serat 0,4%, 0,6%, 0,8% 14 hari	47
27. Hasil pengujian kuat tekan beton serat 0,4%, 0,6%, 0,8% 28 hari	47
28. Hasil pengujian kuat lentur beton serat 0,4%, 0,6%, 0,8% 14 hari.....	52
29. Hasil pengujian kuat lentur beton serat 0,4%, 0,6%, 0,8% 28 hari.....	53
30. Perbandingan dengan persamaan prediksi kuat tekan dan lentur.....	58

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton merupakan bahan bangunan yang paling umum digunakan untuk konstruksi bangunan. Kelebihan beton dibandingkan bahan konstruksi lain adalah struktur beton tahan terhadap api, kemampuan menahan gaya tekan yang tinggi, mudah pengerjaan dan perawatannya, mudah dicetak atau dibentuk sesuai kebutuhan dan tahan terhadap perubahan cuaca. Tetapi di sisi lain beton memiliki beberapa kelemahan, antara lain kuat tarik beton yang sangat rendah dan bersifat getas (*brittle*) jika mendapat gaya tarik, sehingga kuat tarik beton sering diabaikan dan gaya tarik akan didukung oleh tulangan dan serat (*fiber*).

Kuat tarik beton dapat ditingkatkan dengan penambahan serat pada beton. Serat akan menahan gaya tarik pada daerah tarik tanpa mengalami retak. Salah satu bahan serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki kelemahan beton adalah baja (*steel*). Pemberian serat dengan distribusi secara random dalam adukan beton, dapat menahan perambatan dan pelebaran retak-retak pada beton. Sifat-sifat mekanika beton serat baja dipengaruhi oleh jenis serat, *fiber aspect ratio*, *fiber volume fraction*, kekuatan beton, geometri dan pembuatan benda uji serta agregat.

Penggunaan aspek rasio serat yang tinggi mengakibatkan serat cenderung menggumpal menjadi suatu bola (*balling effects*) yang sulit tersebar merata dalam proses pengadukan dan batas maksimal yang masih memungkinkan terjadinya pengadukan yang mudah pada adukan beton serat adalah penggunaan beton serat dengan aspek rasio $(l/d) < 50$. Nilai l/d yang melampaui batas di atas akan menyebabkan kesulitan dalam pengadukan yang dinyatakan dalam *VB-time* yang semakin tinggi (Sudarmoko, 1989).

Adukan beton serat dapat dicampur dan dituang dengan peralatan konvensional dengan menggunakan 0,5% s/d 1,5% *fiber volume fraction*. Dari hasil penelitian terdahulu oleh Felany (2004) didapatkan kuat tekan maksimal pada *volume fraction* 0,6% dan dari regresi *polynomial* didapatkan hasil bahwa kuat tekan beton akan terus menurun seiring dengan penambahan konsentrasi serat diatas 0,7127 %.

Keleccakan tidak hanya dapat diukur dengan menggunakan *slump test* saja, ini yang membedakan dengan pengukuran keleccakan pada beton konvensional. Keleccakan beton serat diukur dengan menggunakan *slump test* dan *VB-test*. Menurut Purwanto (1999), dalam ACI Committee 544-84, prosedur pemakaian *inverted slump cone test* *VB-test* dapat untuk menentukan keleccakan beton serat. *VB-time* yang cukup baik untuk keleccakan beton serat menurut ACI *Comittee* 544-84 besarnya antara 5 s/d 25 detik. *Slump test* hanya digunakan untuk mengontrol konsistensi beton serat, dan umumnya *slump* beton serat berkisar antara 25 s/d 100 mm.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan serat berupa baja seling dengan tiga variasi *volume fraction* 0,4%, 0,6% dan 0,8% terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur beton.
2. Bagaimana pengaruh serat baja seling terhadap kemudahan pengerjaan (*workability*) dari campuran beton.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian dapat terarah sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka digunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton ($f'c$) adalah Beton Mutu Normal.
2. *Mix design* menggunakan metode ACI.
3. Serat baja seling sebagai bahan tambah dihitung di luar *mix design* adukan 1 m³ beton.
4. Serat baja seling berdiameter 0,8 mm (d) dan untuk memudahkan proses pemotongan ditentukan panjang serat baja seling 25 mm (l).
5. Aspek rasio serat baja seling (l/d) 31,25.
6. Pengujian beton terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur.
7. Benda uji kuat tekan berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
8. Benda uji kuat tarik lentur berbentuk balok 100 mm x 100 mm x 400 mm.

9. Benda uji silinder berjumlah 18 buah terdiri masing-masing tiga buah sampel untuk tiga variasi *volume fraction* 0,4%, 0,6% dan 0,8% terhadap volume adukan beton.
10. Benda uji balok berjumlah 18 buah terdiri masing-masing tiga buah sampel untuk tiga variasi *volume fraction* 0,4%, 0,6% dan 0,8% terhadap volume adukan beton.
11. Pengujian beton dilakukan pada beton berumur 14 dan 28 hari.
12. Adukan beton yang dihasilkan dianggap homogen dan penyebaran serat dianggap merata.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serat berupa baja seling dengan tiga variasi *volume fraction* 0,4%, 0,6% dan 0,8% terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur beton.
2. Untuk mengetahui pengaruh serat baja seling terhadap kemudahan pengerjaan (*workability*) dari campuran beton.

E. Manfaat Penelitian

1. Mengembangkan pengetahuan mengenai sifat-sifat beton serat, terutama penambahan serat baja seling pada adukan beton untuk memperbaiki sifat-sifat yang kurang baik pada beton.
2. Memberikan informasi penggunaan serat baja seling untuk meningkatkan mutu beton sesuai dengan yang diharapkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Beton

Beton normal diperoleh dengan cara mencampurkan semen Portland, air, dan agregat, adapun untuk jenis beton khusus (selain beton normal) ditambahkan bahan tambah, misalnya pozolan, bahan kimia pembantu, serat, dan sebagainya. Tujuan pemberian bahan tambah ialah untuk menghasilkan beton khusus yang lebih baik daripada beton normal. (Tjokrodimuljo, 2007).

B. Sifat-sifat Beton

Untuk keperluan perancangan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat-sifat beton perlu diketahui. Menurut Sugiyanto dan Sebayang (2005) dan Tjokrodimuljo (2007) sifat-sifat tersebut antara lain:

1. *Durability* (Keawetan)

Merupakan kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam waktu yang direncanakan.

2. Kuat Tekan

Kuat tekan beton ditentukan berdasarkan pembebanan uniaksial benda uji silinder beton berdiameter 150 mm, tinggi 300 mm dengan satuan MPa

(N/mm²) untuk standar ACI maupun SKSNI 91. Sedangkan *British Standar* benda uji yang digunakan adalah kubus dengan sisi ukuran 150 mm.

Tabel 1. Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya

Jenis beton	Kuat tekan (MPa)
Beton sederhana (<i>plain concrete</i>)	Sampai 10 MPa
Beton normal	15 – 30 MPa
Beton pra tegang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 MPa

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut:

a. Umur beton

Kuat tekan beton bertambah tinggi dengan bertambahnya umur (sejak beton dicetak). Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, semakin melambat setelah berumur 28 hari, sehingga secara umum dianggap tidak naik lagi setelah umur 28 hari (standar kuat tekan beton jika tidak disebutkan umur secara khusus).

Tabel 2. Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur (PBI 1971, NI-2)

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Sumber: Tjokrodimuljo, 2007

b. Faktor air semen

Nilai banding berat air dan semen untuk suatu adukan beton dinamakan faktor air semen (f.a.s). Menurut Dipohusodo (1993:4), agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai faktor air semen (f.a.s.) 0,40 – 0,60 tergantung mutu beton yang

hendak dicapai. Semakin tinggi mutu beton yang hendak dicapai umumnya menggunakan nilai f.a.s. rendah, sedangkan di lain pihak untuk menambah daya kelecakan (*workability*) diperlukan nilai f.a.s. yang tinggi. Faktor air semen dibawah 0,40 meningkatkan kuat tekan beton, tetapi menurunkan daya kelecakan (*workability*), sedangkan f.a.s diatas 0,60 akan menyebabkan kuat tekan beton menjadi rendah.

c. Kepadatan beton

Beton yang kurang padat berarti berisi rongga sehingga kuat tekannya berkurang.

d. Jumlah pasta semen

Pasta semen berfungsi merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal apabila seluruh permukaan agregat terselimuti pasta semen. Akan tetapi, jika jumlah pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton didominasi oleh pasta semen yang memiliki kuat tekan lebih rendah dari agregat, sehingga kuat tekan beton menjadi lebih rendah.

e. Jenis semen

Semen Portland mempunyai sifat tertentu, misalnya cepat mengeras, sehingga mempengaruhi pula terhadap kuat tekan betonnya.

f. Sifat agregat

Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton, antara lain:

- 1) Kekasaran permukaan, karena permukaan agregat yang kasar dan tidak licin membuat rekatan antara permukaan agregat dan pasta semen lebih kuat daripada permukaan agregat yang halus dan licin.

- 2) Bentuk agregat, karena bentuk agregat yang bersudut seperti split, membuat butir-butir saling mengunci, berbeda dengan kerikil yang bulat. Maka, beton yang dibuat dari batu pecah lebih kuat daripada beton yang dibuat dari kerikil.
- 3) Kuat tekan agregat, karena 70% volume beton terisi oleh agregat, jika kuat tekan agregat rendah akan diperoleh kuat tekan beton yang rendah pula.

3. Kuat Tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan kuat tekannya, yaitu sekitar 10%-15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton merupakan sifat yang penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok.

4. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Dalam perhitungan struktur boleh diambil modulus beton sebagai berikut :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'} ; \text{ untuk beton normal}$$

dengan :

E_c = Modulus elastisitas beton, MPa

$f'c$ = kuat tekan beton, MPa

5. Berat Jenis

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil normal berat jenisnya antara 2,5 - 2,7) mempunyai berat jenis sekitar 2,3 - 2,5. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara maka berat jenis beton dapat berkurang dari 2,0. Jenis-jenis beton

menurut berat jenisnya dan macam-macam pemakaiannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Beberapa jenis beton menurut berat jenisnya

Jenis Beton	Berat Jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1,00	non struktur
Beton ringan	1,00 – 2,00	struktur Ringan
Beton normal	2,30 – 2,50	Struktur
Beton berat	> 3,00	perisai sinar X

Sumber: Tjokrodimuljo, 2007

6. Rangkak dan Susut

Rangkak (*Creep*) merupakan salah satu sifat beton dimana beton mengalami deformasi terus menerus menurut waktu dibawah beban yang dipikul. Susut (*Shrinkage*) merupakan perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan.

7. Kecelakaan (*Workability*)

Workability adalah sifat-sifat adukan beton atau mortar yang ditentukan oleh kemudahan dalam pencampuran, pengangkutan, pengecoran, pemadatan, dan *finishing*. Cara untuk mengukur kecelakaan beton adalah dengan *slump test* dan *VB-test*.

C. Bahan Pembentuk Beton

1. Semen PCC (*Portland Composite Cement*)

PCC (*Portland Composite Cement*) adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak/klinker semen portland dan gypsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Semen jenis

PCC dapat digunakan pada konstruksi umum seperti pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya (SNI 15-7064-2004).

2. Agregat

Agregat adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat halus untuk beton adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai ukuran butir maksimum 5 mm. Agregat kasar untuk beton adalah agregat berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu, dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm. Besar butir maksimum yang diizinkan tergantung pada maksud pemakaian.

Gradasi standar agregat halus dan agregat kasar menurut ASTM-C33 terlihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Gradasi standar agregat halus

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos
9,5	100
4,75	95 – 100
2,36	80 – 100
1,18	50 – 85
0,6	25 – 60
0,3	10 – 30
0,15	2 – 10
Pan	

Sumber: ASTM-C33-97

Tabel 5. Gradasi standar agregat kasar

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos		
	37,5 – 4,75	19,0 – 4,75	12,5 – 4,75
50	100	-	-
38,1	95 – 100	-	-
25	-	100	-
19	35 – 70	90 – 100	100
12,5	-	-	90 – 100
9,5	10 – 30	20 – 55	40 – 70
4,75	0 – 5	0 – 10	0 – 15
2,36	-	0 – 5	0 – 5
Pan			

Sumber: ASTM-C33-84

3. Air

Air digunakan sebagai salah satu bahan pembuatan beton dan air juga digunakan sebagai bahan perawatan beton (*curing*). Air akan bereaksi dengan semen, serta menjadi bahan pelumas antara butiran agregat agar mudah dipadatkan dan dikerjakan. Air yang digunakan adalah air yang bersih, tidak mengandung lumpur, minyak, dan tidak mengandung garam-garam dan zat-zat lain yang dapat larut dan dapat merusak beton.

4. Serat Baja (*Steel Fiber*)

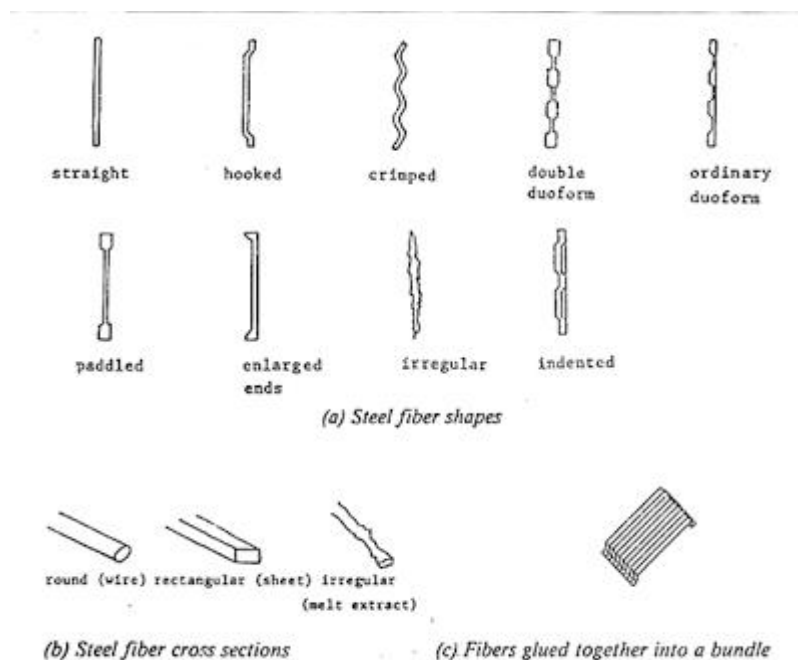
Menurut Soroushian dan Bayasi (1991) ada beberapa jenis baja yang biasa digunakan sesuai dengan kegunaannya masing-masing, jenis-jenis baja tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bentuk *fiber* baja (*Steel fiber shapes*)

- 1) Lurus (*straight*)
- 2) Berkait (*hooked*)
- 3) Bergelombang (*crimped*)

- 4) *Double duo form*
 - 5) *Ordinary duo form*
 - 6) *Bundel (paddled)*
 - 7) *Kedua ujung ditekuk (enlarged ends)*
 - 8) *Tidak teratur (irregular)*
 - 9) *Bergerigi (indented)*
2. *Penampang fiber baja (steel fiber cross section)*
 - 1) *Lingkaran (round/wire)*
 - 2) *Persegi / lembaran (rectangular / sheet)*
 - 3) *Tidak teratur / bentuk dilelehkan (irregular / melt extract)*
 3. *Fiber dilekatkan bersama dalam satu ikatan (fibers glued together into a bundle).*

Jenis-jenis serat dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Jenis-jenis serat baja

Tabel 6. Sifat berbagai macam bahan *fiber*

No	Jenis Serat	Kuat Tarik (MPa)	Perpanjangan saat putus (%)	Berat Jenis
1	<i>Acrylic</i>	204 - 408	25 – 45	1,1
2	Asbes (<i>Asbestos</i>)	544 - 952	0,6	3,2
3	Kaca (<i>Glass</i>)	1020 - 3740	1,5 – 3,5	2,5
4	<i>Nylon</i>	748 - 816	16 – 20	1,1
5	Baja (<i>Steel</i>)	272 - 2720	0,5 – 35	7,8

Sumber: ACI Committee 544, 1984 dalam Mulyono 2003

D. Konsep Beton Serat (*Fibre Concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat umumnya berupa batang-batang dengan diameter antara 0,005 sampai 0,5 mm dan panjang sekitar 25 mm sampai 100 mm (Tjokrodinuljo, 2007).

Penggunaan aspek rasio serat yang tinggi mengakibatkan serat cenderung menggumpal menjadi suatu bola (*balling effects*) yang sulit tersebar merata dalam proses pengadukan dan batas maksimal yang masih memungkinkan terjadinya pengadukan yang mudah pada adukan beton serat adalah penggunaan beton serat dengan aspek rasio (l/d) < 50. Nilai l/d yang melampaui batas di atas akan menyebabkan kesulitan dalam pengadukan yang dinyatakan dalam *VB-time* yang semakin tinggi (Sudarmoko, 1989).

Menurut Tjokrodinuljo (2007), dalam hal ini serat dapat dianggap sebagai agregat yang bentuknya sangat tidak bulat. Adanya serat mengakibatkan berkurangnya sifat *workability* dan mempersulit segregasi. Serat dalam beton

ini berguna untuk mencegah adanya retak-retak, sehingga menjadikan beton serat lebih daktil dari beton biasa. Beberapa hal yang perlu mendapat perhatian pada beton serat adalah masalah *fiber dispersion* yang menyangkut teknik pencampuran *fiber* ke dalam adukan agar dapat tersebar merata dengan orientasi yang random, masalah *workability* (keleccakan adukan), yang menyangkut kemudahan dalam proses pengerjaan/pemadatan, termasuk indikatornya dan masalah *mix design/proportion* untuk memperoleh mutu tertentu dengan keleccakan yang memadai. Penambahan serat kedalam adukan beton akan menurunkan keleccakan adukan secara cepat sejalan dengan penambahan *volume fraction* (konsentrasi serat) dan aspek rasio serat. Penurunan *workability* adukan dapat dikurangi dengan penurunan diameter maksimum agregat, peninggian faktor air semen, penambahan semen atau pemakaian bahan tambah.

Pemberian *fiber* dengan distribusi secara acak dalam adukan beton, dapat menahan perambatan dan pelebaran retak-retak pada beton. Sifat-sifat mekanika beton serat baja dipengaruhi oleh jenis *fiber*, *fiber aspect ratio*, *fiber volume fraction*, kekuatan beton, geometri dan pembuatan benda uji serta agregat. Adukan beton serat dapat dicampur dan dituang dengan peralatan konvensional dengan menggunakan 0,5% s/d 1,5% *fiber volume fraction*. Keleccakan tidak hanya dapat diukur dengan menggunakan *slump test* saja, ini yang membedakan dengan pengukuran keleccakan pada beton konvensional. Menurut Purwanto (1999), dalam ACI Committee 544-84, prosedur pemakaian *inverted slump cone test* VB-test dapat untuk menentukan keleccakan beton serat. VB-time yang cukup baik untuk keleccakan beton serat menurut ACI

Comittee 544-84 besarnya antara 5 s/d 25 detik. *Slump test* hanya digunakan untuk mengontrol konsistensi beton serat, dan umumnya *slump* beton serat berkisar antara 25 s/d 100 mm.

E. Landasan Teori

1. Kuat Tekan Beton / Beton serat

Pengujian kuat tekan silinder beton dengan menggunakan mesin tekan (*Compression Testing Machine*) dengan kapasitas 2000 kN. Berdasarkan SKSNI M-14-1989-F uji tekan beton dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f'_{cf} = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

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

F = Beban tekan maksimum (N), dan

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

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

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

dengan:

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

f'_c = Kuat tekan beton tanpa *fiber* (MPa)

V_f = Volume fraksi *fiber* (%)

2. Kuat Lentur Beton

Dipohusodo (1993) menjelaskan apabila suatu gelagar balok bentang sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, akan terjadi deformasi (regangan) lentur didalam balok tersebut. Pada

kejadian momen lentur positif, regangan tekan terjadi di bagian atas dan regangan tarik di bagian bawah dari penampang. Regangan-regangan tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan-tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan di atas dan tegangan tarik di bagian bawah.

Kuat lentur batas (*ultimate flexure strength*) beton atau disebut juga modulus keruntuhan (*modulus of rupture*) adalah beban maksimum yang tercapai selama pembebanan. Nilai modulus keruntuhan dapat diperoleh dari rumus yang diberikan ASTM C 78-94 sebagai berikut:

1. Bila retak terjadi di 1/3 bentang bagian tengah, modulus keruntuhan dapat dilihat dengan persamaan:

$$\sigma_l = \frac{P l}{b d^2} \dots\dots\dots(3)$$

2. Bila retak terjadi di luar 1/3 bentang tengah, modulus keruntuhan dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_l = \frac{3 P a}{b d^2} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

σ_l = modulus keruntuhan/kuat lentur batas (N/mm²)

P = beban maksimum (N)

l = bentang balok (mm)

b = lebar rata-rata benda uji (mm)

d = tinggi rata-rata benda uji (mm)

a = jarak rata-rata antara garis retak dan tumpuan terdekat pada permukaan tarik balok (mm)

Ada beberapa usulan persamaan yang telah dikembangkan untuk memprediksi kuat tarik / lentur ultimit beton serat baja dalam Purwanto (1999).

1) Usulan Swamy et al. (1974)

Persamaan ini dikembangkan berdasarkan teori derivatif dengan koefisien-koefisien diperoleh dari analisis regresi data percobaan.

Untuk kuat retak pertama

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

Untuk kuat tarik / lentur ultimit

$$f_{uf} = 0,97 f_m (1-V_f) + 3,41 V_f l_f/d_f \dots\dots\dots(6)$$

dengan:

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

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

f_m = Kuat tarik beton (MPa)

V_f = *Fiber volume fraction* (%)

l_f/d_f = *Fiber aspect ratio*

2) Usulan Wafa dan Ashour (1992)

Persamaan untuk memprediksi kuat tarik beton serat mutu tinggi berdasarkan kuat tarik beton tanpa fiber mutu tinggi.

$$f_{spf} = f_{sp} + 3,02 V_f \dots\dots\dots(7)$$

dengan:

f_{spf} = Kuat tarik beton serat (MPa)

f_{sp} = Kuat tarik beton tanpa fiber (MPa) = $0,58 \sqrt{f'c}$

dengan $f'c$ = kuat tekan beton tanpa fiber (MPa)

V_f = Volume fraksi fiber (%)

3) Usulan Wafa, Hasnat dan Tarabolsi (1992)

Persamaan ini didasarkan atas hasil percobaan. Persamaan tersebut

adalah:

$$f_{spf} = f_{sp} + 1,8 V_f \dots\dots\dots(8)$$

dengan:

f_{spf} = Kuat tarik beton serat (MPa)

f_{sp} = Kuat tarik beton tanpa fiber (MPa) = $0,51 \sqrt{f'c}$

dengan $f'c$ = kuat tekan beton tanpa fiber (MPa)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Semen

Semen merupakan bahan pembentuk beton yang berfungsi sebagai pengikat butiran agregat dan mengisi ruang antar agregat sehingga terbentuk massa yang padat. Penelitian ini menggunakan semen PCC (*Portland Composite Cement*) Semen Padang yang didapat dari toko dalam keadaan baik, tertutup rapat dalam kemasan (zak) 50 kg.

2. Agregat Halus

Agregat halus terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan terhadap kadar air, berat jenis dan penyerapan, analisa saringan, kadar lumpur dan uji kandungan zat organik (memenuhi standar ASTM C 33). Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari Gunung Sugih, Lampung Tengah.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang dipakai dari Tanjungan, Lampung Selatan dengan ukuran maksimum sebesar 20 mm dan telah memenuhi ASTM.

4. Air

Air yang digunakan adalah air bersih yang tidak mengandung lumpur, minyak dan benda-benda merusak lainnya yang dapat di lihat secara visual serta tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton. Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung.

5. Serat

Serat yang digunakan yaitu serat baja seling memiliki diameter 0,8 mm yang dipotong-potong sepanjang 25 mm. *Volume fraction* (V_f) diambil 0,4%, 0,6% dan 0,8% terhadap volume beton. Kuat tarik baja seling 1733,46 MPa dan berbentuk bergelombang (*crimped*).

B. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Timbangan

Timbangan berkapasitas maksimum 50 kg dengan ketelitian pembacaan 10 gram digunakan untuk mengukur berat beton (timbangan besar). Timbangan berkapasitas maksimum 12 kg dengan ketelitian pembacaan 1 gram digunakan untuk mengukur berat bahan campuran beton (timbangan kecil).

2. Oven

Alat ini digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan pada saat pengujian material yang membutuhkan kondisi kering.

3. Satu set saringan

Alat ini digunakan untuk mengukur gradasi agregat sehingga dapat ditentukan nilai modulus kehalusan butir agregat kasar dan agregat halus. Untuk penelitian ini gradasi agregat kasar dan agregat halus berdasarkan standar *ASTM C-33*.

Tabel 7. Ukuran saringan pada penelitian gradasi agregat.

Jenis Agregat	Ukuran Saringan (mm)									
	75	150	300	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	Pan
Agregat Halus	-	-	-	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	Pan
Agregat Kasar	25	19	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	Pan

4. *Slump Test Apparatus*

Kerucut Abrams beserta tilam pelat baja dan tongkat baja, panjang 60 cm dan diameter 16 mm, digunakan untuk mengukur konsistensi atau *workability* adukan secara sederhana dengan percobaan *Slump Test*. Ukuran kerucut Abrams adalah diameter bawah 200 mm, diameter atas 100 mm dengan tinggi 300 mm.

5. Mesin penggetar Internal (*Vibrator*)

Digunakan sebagai pemadat beton segar yang berupa tongkat. Alat ini digetarkan dengan mesin dan dimasukkan ke dalam beton segar yang baru saja dituang.

6. *VB-test Apparatus*

VB-test Apparatus digunakan untuk mengukur kelecakan pada beton serat. Alat ini terdiri dari kerucut Abrams yang diletakkan di dalam kontainer silinder dari bahan baja (tebal 6 mm, diameter 240 mm dan tinggi 200 mm) dan ditempatkan diatas meja getar dengan frekuensi getar tertentu.

7. *Compressing Testing Machine (CTM)*

CTM merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kuat tekan beton silinder ($d = 150$ mm dan $t = 300$ mm).

8. *Hydraulic Jack*

Alat yang digunakan pada penelitian ini berkapasitas 100 ton yang merupakan alat bantu untuk melakukan pengujian lentur beton.

9. *Proving Ring*

Proving ring yang digunakan berkapasitas 30 mm dengan ketelitian pembacaan sampai 0,01 mm. Alat tersebut digunakan untuk mengukur lendutan terjadi pada titik bagian bawah di tengah bentang balok saat pengujian lentur.

10. Molen (*Concrete Mixer*)

Alat pengaduk beton ini digunakan untuk mencampur bahan adukan beton. Alat yang digunakan memiliki kapasitas $0,125$ m³ dengan kecepatan putaran 20-30 rpm.

11. Cetakan Benda Uji

Cetakan benda uji yang digunakan ada dua jenis. Cetakan berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 30 mm digunakan pada pengujian kuat tekan. Cetakan berbentuk balok dengan ukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm digunakan pada pengujian kuat lentur beton.

12. *Picnometer*

Alat ini digunakan untuk mengukur berat jenis *SSD (Surface Saturated Dry)*, berat jenis kering, berat jenis jenuh, dan penyerapan agregat halus.

13. Alat Bantu

Untuk memperlancar dan mempermudah pelaksanaan penelitian, digunakan beberapa alat bantu antara lain *vibrator*, sendok semen, gelas ukur, *stopwatch*, alat pemotong serat, mistar, *trolley* dorong, ember, alat tulis, mistar dan kontainer.

C. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Kontruksi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung. Penelitian ini dibagi menjadi enam tahap yaitu : Pemeriksaan bahan campuran beton pembuatan rencana campuran (*mix design*), pembuatan benda uji, pemeliharaan terhadap benda uji (*curing*), pelaksanaan pengujian dan analisis hasil penelitian.

1. Persiapan

Merupakan tahap persiapan. Pada tahap ini seluruh bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.

2. Pemeriksaan Bahan Campuran Beton

Merupakan tahap uji bahan. Pada tahap ini dilakukan penelitian terhadap agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat bahan tersebut. Selain itu untuk mengetahui apakah agregat kasar maupun halus tersebut memenuhi persyaratan atau tidak. Hasil dari pengujian ini, juga digunakan sebagai data rancang campuran beton. Pengujian dan pemeriksaan bahan campuran beton terdiri dari:

- a) Gradasi agregat kasar dan agregat halus (*ASTM C-33*).
- b) Berat jenis dan penyerapan agregat halus dan agregat kasar (*ASTM C-128 & ASTM C-127*).
- c) Kadar air agregat halus dan agregat kasar (*ASTM C-566 & ASTM C-556*).
- d) Berat volume agregat kasar dan agregat halus (*ASTM C-29*).
- e) Kadar lumpur agregat halus kandungan zat organik dalam pasir (*ASTM C-117 & ASTM C-40*).

Tabel 8. Spesifikasi pengujian material

No	Pengujian	Spesifikasi	Keterangan
1	Kadar air agregat halus	0 – 1,0 %	ASTM C-556
2	Kadar air agregat kasar	0 – 3,0 %	ASTM C-556
3	Berat jenis SSD agregat halus	2 – 2,9 %	ASTM C-128
4	Berat jenis SSD agregat kasar	1 – 3,0 %	ASTM C-127
5	Analisis kadar lumpur agregat halus	< 5 %	ASTM C-117

3. Rencana Campuran Beton (*Mix Design*) dengan Metode ACI

Rencana campuran semen, air, dan agregat-agregat sangat penting untuk mendapatkan kekuatan beton yang diinginkan. Dalam penelitian ini rencana campuran beton menggunakan metode ACI dengan kekuatan yang direncanakan ($f'c$) Beton Normal. *Fiber* baja seling dengan aspek rasio (l/d) 31,25. Dengan mengikuti prosedur pada metode tersebut diperoleh kebutuhan bahan-bahan susun beton serat untuk 1 m³ beton.

4. Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang akan dibuat terdiri dari silinder diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm, balok dengan ukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm. Masing-masing dibuat sebanyak 18 buah benda uji terdiri dari tiga variasi *volume fraction* campuran 0,4%, 0,6% dan 0,8% terhadap volume adukan beton yang diuji kuat tekan dan kuat tarik lentur. Setiap variasi terdiri dari 6 (enam) benda uji, yang akan dilakukan pengujian pada saat berumur 14 dan 28 hari, yang dapat di lihat pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 9. Jumlah dan kode benda uji umur 14 hari

<i>Volume Fraction</i>	0,4%	0,6%	0,8%	Total
Kuat Lentur	L.0,4.1-1	L.0,6.1-1	L.0,8.1-1	18
	L.0,4.1-2	L.0,6.1-2	L.0,8.1-2	
	L.0,4.1-3	L.0,6.1-3	L.0,8.1-3	
Kuat Tekan	T.0,4.1-1	T.0,6.1-1	T.0,8.1-1	
	T.0,4.1-2	T.0,6.1-2	T.0,8.1-2	
	T.0,4.1-3	T.0,6.1-3	T.0,8.1-3	
Jumlah	6	6	6	

Tabel 10. Jumlah dan kode benda uji umur 28 hari

<i>Volume Fraction</i>	0,4%	0,6%	0,8%	Total
Kuat Lentur	L.0,4.2-1	L.0,6.2-1	L.0,8.2-1	18
	L.0,4.2-2	L.0,6.2-2	L.0,8.2-2	
	L.0,4.2-3	L.0,6.2-3	L.0,8.2-3	
Kuat Tekan	T.0,4.2-1	T.0,6.2-1	T.0,8.2-1	
	T.0,4.2-2	T.0,6.2-2	T.0,8.2-2	
	T.0,4.2-3	T.0,6.2-3	T.0,8.2-3	
Jumlah	6	6	6	

Langkah-langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan campuran adukan beton sesuai proporsi campuran hasil perhitungan beton serat.
 - a. Menyiapkan bahan-bahan campuran adukan beton.

Sebelum dilakukan pencampuran, bahan-bahan penyusun beton seperti pasir dan agregat kasar terlebih dahulu disiapkan dalam kondisi *saturated surface dry* (SSD). Hal ini dimaksudkan agar bahan-bahan tersebut tidak menyerap air atau menambah air pada proses pencampuran yang akan mempengaruhi kekuatan beton.
 - b. Setelah bahan-bahan material dipersiapkan maka selanjutnya dilakukan pencampuran. Perbandingan berat bahan-bahan susun beton diperhitungkan menggunakan metode ACI.

- c. Menghidupkan *concrete mixer*, kemudian berturut-turut memasukkan semen dan pasir ke dalam *concrete mixer*. Setelah tercampur rata, agregat kasar dimasukkan ke dalam *concrete mixer* kemudian ditambahkan air sedikit demi sedikit sampai adukan tercampur rata. Pencampuran dilakukan selama kira-kira empat menit. Untuk adukan beton serat, serat ditaburkan ke dalam *concrete mixer* yang telah berisi adukan beton biasa.
2. Penambahan serat baja seling
 - a. Serat ditaburkan secara merata ke dalam *concrete mixer* yang berputar dengan kecepatan normal.
 - b. Penaburan serat dilakukan dengan hati-hati dan diusahakan agar serat tersebar secara individu di dalam adukan beton sehingga tidak terjadi penggumpalan serat (*balling effect*) yang dapat mempengaruhi kekuatan beton serat. Jumlah serat yang ditambahkan sesuai dengan *volume fraction* yang telah ditentukan.
 3. Pemeriksaan nilai *slump* dan *VB-time* adukan beton
 - a. Menyiapkan alat *Slump test* (kerucut Abrams) dan diletakkan diatas meja getar (*VB-test*), lalu adukan beton dimasukkan di dalamnya hingga $1/3$ bagian, lalu dipadatkan dengan alat penumbuk sebanyak 25 kali.
 - b. Menambahkan adukan sampai $2/3$ bagian lalu ditumbuk 25 kali.
 - c. Menambahkan adukan sampai penuh lalu ditumbuk sebanyak 25 kali lalu bagian atas diratakan.

- d. Setelah didiamkan selama satu menit kerucut Abrams diangkat lurus ke atas dan mengukur penurunan yang terjadi (nilai *Slump*).
 - e. Hasil dari penarikan kerucut yang berupa adukan berbentuk kerucut terpancung ini digetarkan didalam kontainer di atas meja getar hingga permukaannya horizontal (rata).
 - f. Waktu penggetaran yang diperlukan untuk proses tersebut dinamakan *VB-time*.
4. Pencetakan benda uji silinder
- a. Menyiapkan cetakan benda uji.
 - b. Memasukkan adukan ke dalam hingga penuh sambil dipadatkan dengan *vibrator*.
 - c. Setelah cetakan penuh dan padat, permukaan diratakan dan diberi kode sampel di atasnya
 - d. Melepaskan beton dari cetakan setelah 24 jam

5. Pemeliharaan terhadap benda uji (*curing*)

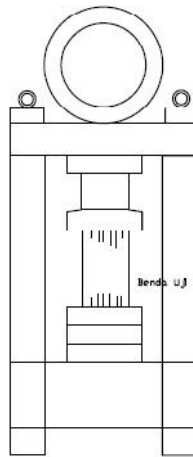
Perawatan beton adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin agar proses hidrasi dapat berlangsung dengan baik dan proses pengerasan terjadi dengan sempurna sehingga tidak terjadi retak-retak pada beton dan mutu beton dapat terjamin. Perawatan ini dilakukan dengan cara merendam benda uji silinder pada hari kedua selama 13 hari untuk beton yang akan diuji pada umur 14 hari dan 21 hari untuk beton yang akan diuji pada umur 28 hari.

Sedangkan untuk benda uji balok direndam hingga hari pengujian, yaitu 14 hari dan 28 hari.

6. Pelaksanaan Pengujian

a. Uji Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton didapat melalui tata-cara pengujian standar ASTM C-192, pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat CTM dengan cara meletakkan silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) tegak lurus dan memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan 0,15 MPa/detik sampai 0,34 MPa/detik sampai benda uji hancur. Sebelum melakukan pengujian, maka permukaan tekan benda uji silinder harus rata agar tegangan terdistribusi secara merata pada penampang benda uji. Dalam hal ini maka benda uji harus diberi lapisan belerang (*capping*) setebal 1,5 mm sampai 3 mm pada permukaan tekan benda uji silinder. Cara lain dapat juga dilakukan dengan memberi pasta semen. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari. Dari hasil pengujian ini didapat beban maksimum yang mampu ditahan oleh silinder beton sampai silinder beton tersebut hancur. *Setting up* pengujian tekan di lihat pada Gambar 2.



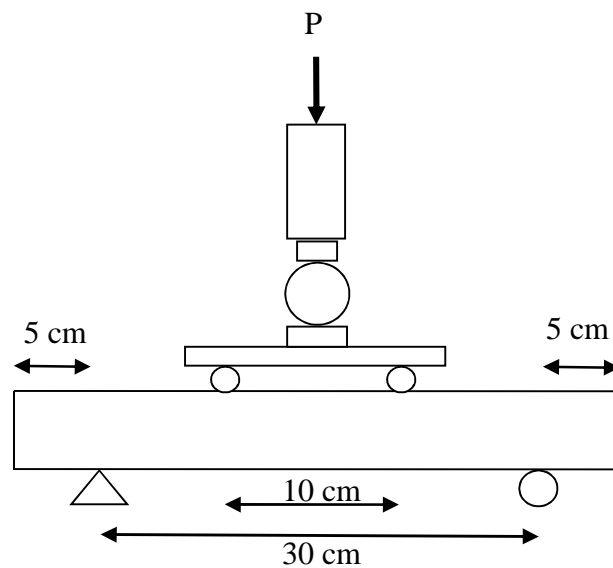
Gambar 2. *Setting up* pengujian kuat tekan

b. Uji Kuat Tarik Lentur Beton

Pengujian kuat lentur pada penelitian ini menggunakan alat *Hydraulic Jack* dan pembacaan beban dengan *proving ring*. Pengujian kuat lentur dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari.

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

Benda uji diletakkan diatas dua tumpuan sejarak 300 mm, kemudian pada balok tersebut diberi dua beban terpusat $\frac{1}{2} P$ yang masing-masing berjarak $\frac{1}{3}$ bentang dari tumpuan sesuai ASTM C 78. Ditengah bentang pada bagian bawah balok diletakkan *proving ring* yang berguna untuk mengukur lendutan (mm) saat pengujian lentur. Selanjutnya diberi beban secara bertahap dari *Hydraulic Jack* dengan sistem pompa yang terhubung pada alat tersebut. Pembebanan terus dilakukan sampai balok runtuh kemudian dicatat beban maksimum yang didapat dari pembacaan *proving ring*.



Gambar 3. *Setting up* pengujian kuat tarik lentur

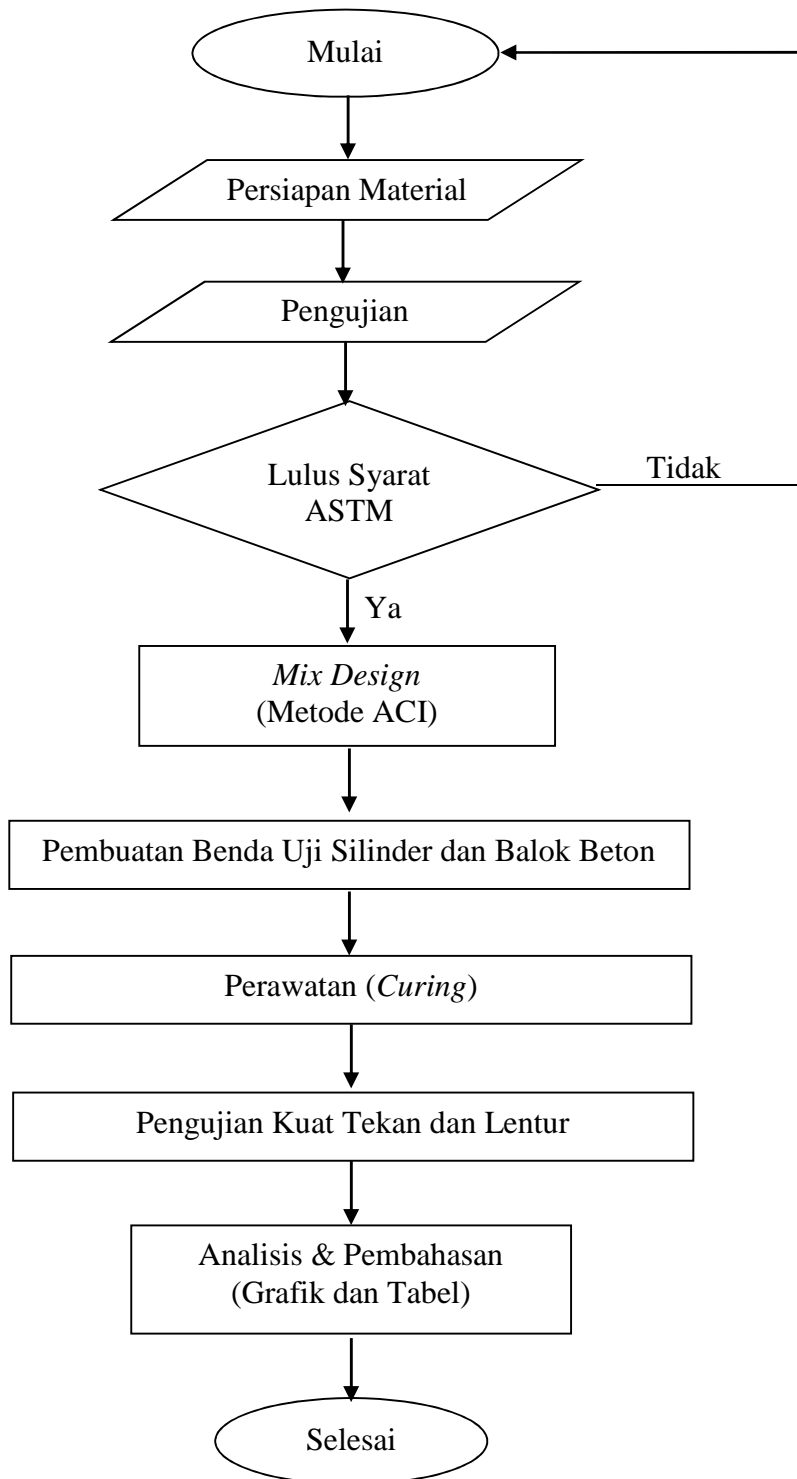
D. Analisis Hasil

Analisis hasil dari penelitian ini dilakukan dengan cara:

- a. Menghitung berat volume beton untuk benda uji silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan cara menimbang massa beton kemudian dibagi volumenya.
- b. Menghitung berat jenis beton untuk benda uji balok ukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm dengan cara menimbang massa beton kemudian dibagi volumenya.
- c. Menghitung kuat tekan beton untuk benda uji silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan menggunakan persamaan (1) dan disajikan dalam bentuk tabel.
- d. Menghitung kuat lentur beton untuk benda uji balok ukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm dengan menggunakan persamaan (3) dan disajikan dalam bentuk tabel.

- e. Dari hasil pengujian kuat tekan dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi *volume fraction* serat baja seling terhadap kuat tekan, kemudian menganalisisnya.
- f. Dari hasil pengujian kuat lentur dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi *volume fraction* serat baja seling terhadap kuat lentur, kemudian menganalisisnya.
- g. Membandingkan hasil kuat tekan yang didapat dari Persamaan (1) dengan Persamaan (2).
- h. Membandingkan hasil kuat lentur yang didapat dari Persamaan (3) dengan Persamaan (5), (6), (7) dan (8).

E. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram alir pelaksanaan penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai kuat tekan dan kuat tarik lentur beton dengan tiga variasi penambahan serat baja seling yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *slump* akan menurun dan nilai *VB-time* akan semakin meningkat seiring meningkatnya konsentrasi serat (*volume fraction*) yang ditambahkan.
2. *Workability* yang terjadi pada penelitian ini, yaitu dengan *aspect ratio* (l/d) 31,25 dan *volume fraction* 0,4 %, 0,6 % dan 0,8 % adalah baik dan dapat dikerjakan dengan cara konvensional tanpa menambahkan bahan kimia tambahan (*superplasticizer*).
3. Kuat tekan dan kuat lentur maksimal terjadi pada beton serat dengan *volume fraction* 0,6 % dan menurun pada *volume fraction* 0,8 %.
4. Dari hasil pengujian kuat tekan beton yang telah dilakukan, didapatkan kuat tekan maksimal sebesar 27,5537 MPa pada *volume fraction* 0,6 % atau meningkat sebesar 9,7743 % dari kuat tekan beton dengan *volume fraction* 0,4 %.

5. Dari grafik regresi *polynomial* hasil pengujian kuat tekan beton serat baja seling tertinggi terletak pada konsentrasi serat 0,5754 % dengan kuat tekan sebesar 27,6028 MPa.
6. Penurunan kuat tekan terjadi pada *volume fraction* 0,8 % sebesar 6,1616 % dari kuat tekan beton *volume fraction* 0,4 % dan penurunan sebesar 14,5171 % dari kuat tekan beton *volume fraction* 0,6 %.
7. Dari hasil pengujian kuat lentur beton yang telah dilakukan, didapatkan kuat lentur maksimal sebesar 5,6899 MPa pada *volume fraction* 0,6 % atau meningkat sebesar 14,92 % dari kuat lentur beton dengan *volume fraction* 0,4 %.
8. Dari grafik regresi *polynomial* hasil pengujian kuat lentur beton serat baja seling tertinggi terletak pada konsentrasi serat 0,5687 % dengan kuat lentur sebesar 5,7163 MPa.
9. Penurunan kuat lentur terjadi pada *volume fraction* 0,8 % sebesar 13,5790 % dari kuat lentur beton *volume fraction* 0,4 % dan penurunan sebesar 24,8018 % dari kuat lentur beton *volume fraction* 0,6 %.
10. Penurunan kuat tekan dan lentur akibat *volume fraction* serat yang tinggi menyebabkan semakin banyaknya rongga di dalam beton karena ikatan antar serat yang saling *overlapping* menyebabkan sulitnya pergerakan agregat.
11. Penambahan serat baja seling tidak memberikan kontribusi yang besar dalam peningkatan kuat tekan, sedangkan pada kuat tarik lentur, serat baja seling pada penelitian ini mempunyai kuat tarik yang tinggi, yaitu 1733,46 MPa dapat memberikan peningkatan kuat lentur yang signifikan.

B. Saran

Untuk menindaklanjuti penelitian ini maka perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk melengkapi dan merupakan pengembangan dari tema penelitian ini. Saran-saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Penelitian mengenai pengaruh penambahan serat baja seling dengan berbagai *aspect ratio* dan faktor air semen yang berbeda.
2. Penelitian dengan *volume fraction* yang lebih beragam sehingga dapat terlihat *volume fraction* yang dapat menghasilkan kuat tekan dan kuat lentur maksimal dan juga *volume fraction* dimana penurunan mulai terjadi.
3. Dapat dilakukan penelitian beton serat baja seling pada beton mutu tinggi dengan menambahkan bahan kimia (*superplasticizer*) guna meningkatkan *workability* adukan beton.
4. Perencanaan campuran (*mix design*) serta ketelitian dalam penimbangan bahan sangat menentukan kualitas beton yang dihasilkan.
5. Perlu lebih diperhatikan pada saat proses pengerjaan dan pemadatan agar serat baja seling terdistribusi secara merata.
6. Bagian atas benda uji diusahakan benar-benar rata dengan melakukan *capping*. Hal ini dimaksudkan pada waktu pengujian seluruh permukaan benda uji mendapat tekanan yang sama untuk memperoleh hasil maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C-33. *Standard Specification for Concrete Aggregates*. United States.
- ASTM C 78. *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*. West Conshohocken. United States.
- ASTM C-127. *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate*. United States.
- ASTM C-128. *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*. United States.
- ASTM C-192. *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*. United States.
- ASTM C-556. *Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying*. United States.
- Dipohusodo, I. 1993. *Struktur Beton Bertulang*. Departemen Pekerjaan Umum: Badan Penelitian dan Pengembangan PU. Jakarta.
- Felany, D. 2004. *Tinjauan Kuat Desak Dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Penambahan Serat Tali Beneser*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton*. ANDI. Yogyakarta.
- Purwanto, E. 1999. *Perilaku Fiber Lokal Pada Perilaku Dan Kuat Torsi Ultimit Balok Beton Bertulang*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- SNI 15-7064-2004. 2004. *Semen Portland Komposit*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.

Soroushian, P., And Bayasi, Z. 1991. *Fiber Type Effects on the Performance of Steel Fiber Reinforced Concrete*, Michigan State University, Michigan, USA.

Sudarmoko. 1989. *Pengaruh Penambahan Fiber pada Keleccakan Adukan Beton*. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik. Universitas Gadjah Mada.

Sugiyanto dan Sebayang, Surya. 2005. *Teknologi Bahan*. Bandar Lampung. Universitas Lampung.

Tjokrodijuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.