



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI EKSPERIMENTAL PELAT SARU ARAH DENGAN
STEEL FIBER SEBAGAI *REINFORCEMENT***

SKRIPSI

**HERU KURNIAWAN SITOMPUL
0606031830**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JUNI 2011**

1066/FT.01/SKRIP/07/2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI EKSPERIMENTAL PELAT SATU ARAH DENGAN
STEEL FIBER SEBAGAI *REINFORCEMENT***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**HERU KURNIAWAN SITOMPUL
0606031830**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Heru Kurniawan Sitompul

NPM : 0606031830

Tanda Tangan : 

Tanggal : 21 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Heru Kurniawan Sitompul

NPM : 0606031830

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Studi Eksperimental Pelat Satu Arah Dengan *Steel Fiber*
Sebagai *Reinforcement*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.-Ing. Ir. Josia Irwan Rastandi (.....)

Pembimbing : Mulia Orientilize, M.Eng (.....)

Penguji : Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA (.....)

Penguji : Ir. Madsuri, MT (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 21 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat, ridhonya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak, dari mulai awal memasuki Universitas Indonesia, menjalani masa perkuliahan, hingga sampai pada penyusunan skripsi ini, akan menjadi sangat sulit bagi saya untuk menyelesaikannya tanpa mereka. Demikian, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr.-Ing. Ir. Josia Irwan Rastandi selaku dosen pembimbing pertama atas arahan, saran, bimbingan yang telah diberikan selama penyusunan skripsi ini.
2. Mulia Orientilize, M.Eng selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing, mengarahkan saya selama menyusun skripsi ini.
3. Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA dan Ir. Madsuri, MT selaku dosen penguji atas masukan, saran, dan kritikan yang diberikan.
4. Keluarga tersayang; Mama, Papa, Kak siska, Kak pia atas segala kasih sayang dan dukungan baik moril dan materil.
5. Teman spesial saya, Annisa, untuk semua yang tidak bisa saya ungkapkan dengan kata-kata.
6. Rekan satu bimbingan yang sudah membantu dalam pencarian sumber dan saling bertukar wawasan serta informasi yang ada.
7. Teman-teman Sipil UI 2006 yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu atas semua keceriaan, kebodohan, kebersamaan yang telah dilalui bersama.
8. Semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini secara langsung maupun tidak langsung.

Akhir kata, saya berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat, menambah pengetahuan bagi pembaca, bagi pengembangan ilmu ke depan.

Jakarta, 21 Juni 2011

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Heru Kurniawan Sitompul
NPM : 0606031830
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**STUDI EKSPERIMENTAL PELAT SATU ARAH DENGAN *STEEL FIBER*
SEBAGAI *REINFORCEMENT***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 21 Juni 2011

Yang menyatakan



(Heru Kurniawan Sitompul)

ABSTRAK

Nama : Heru Kurniawan Sitompul
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Studi Eksperimental Pelat Satu Arah Dengan *Steel Fiber* Sebagai *Reinforcement*

Penelitian mengenai penambahan serat baja ke dalam campuran beton telah menjadi sorotan beberapa dekade terakhir sejak pertama kali dipublikasikan pada tahun 1960. Beberapa penelitian bahkan telah mengaplikasikan beton berserat baja atau biasa disebut *steel fiber reinforced concrete* (SFRC) pada struktur pelat, dengan ataupun tanpa penambahan tulangan. Penelitian mengenai sifat mekanis material beton dengan berbagai proporsi pencampuran (*mix design*) telah dan akan terus dikembangkan di berbagai belahan dunia. Beberapa penelitian mengenai beton berserat baja ini bahkan telah diakui sebagai ASTM (*American Standard Test Method*) dan digunakan sebagai acuan metode pengujian di berbagai negara. Dalam penelitian ini, Pengujian pelat akan dilakukan berdasarkan volume fraksi steel fiber yang digunakan bervariasi diantara 0,19%; 0,32%; dan 0,51 % serta diamati pengaruhnya terhadap kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik belah dan kuat geser. kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik belah dan kuat geser bertambah seiring dengan pertambahan volume fraksi steel fiber dalam beton tersebut.

Kata kunci :

Steel fiber, Volume fraksi, Kuat tekan, Kuat lentur, Kuat tarik belah, Kuat geser

ABSTRACT

Name : Heru Kurniawan Sitompul
Study Program : Civil Engineering
Title : Experimental Study Of One Way Slab With Steel Fiber As Reinforcement

Research on addition of steel fiber into the concrete mixture has been in the spotlight the last decade since it was first published in 1960. Some studies have even applied steel fiber or so-called steel fiber reinforced concrete (SFRC) at the slab structure, with or without the addition of reinforcement. Research on the mechanical properties of concrete materials with different proportions of mixing (mix design) has been and will continue to be developed in various parts of the world. Some research on the steel fiber concrete has even been recognized as an ASTM (American Standard Test Method) and used as reference test methods in various countries. In this study, slab testing will be made based on the volume fraction of steel fiber used varies between 0,19%; 0,32%; 0,51% and the observed effect on compressive strength, flexural strength, split tensile strength and shear strength. Compressive strength, flexural strength, split tensile strength and shear strength increases with increasing volume fraction of steel fibers in concrete.

Key word :

Steel fiber, Volume fraction, Compressive strength, Flexural strength, Split tensile strength, Shear strength

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Hipotesa Awal	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
2. STUDI LITERATUR	6
2.1. Pengertian Beton Bertulang.....	6
2.1.1 Kekuatan Beton.....	6
2.1.2 Kekuatan Baja Tulangan.....	9
2.1.3 Prinsip Dasar Beton Bertulang.....	11
2.1.4 Pelat Satu Arah.....	13
2.2. Serat Baja Pada Pelat Satu Arah.....	14
2.2.1 Serat Polypropylene.....	14
2.2.2 Serat Carbon	15
2.2.3 Serat Baja.....	15
2.2.4 Serat Kawat.....	17
2.2.5 Keuntungan Menggunakan Serat Baja	21
2.2.6 Kinerja Dari Serat Baja.....	23
2.3. Analisa Keruntuhan Pelat Satu Arah	24
2.3.1. Keruntuhan Lentur	24
2.3.1.1 Keruntuhan Lentur Akibat Tekan	25
2.3.1.2 Keruntuhan Lentur Setimbang	25
2.3.1.3 Keruntuhan Lentur Akibat Tarik.....	26
2.3.1.4 Keruntuhan Penampang Pada Keruntuhan Setimbang	26
3. METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1. Rancangan Penelitian.....	28
3.2. Perhitungan Kapasitas Pelat Satu Arah Tulangan Konvensional.....	29
3.2.1. Spesifikasi umum.....	29
3.2.2. Keruntuhan Akibat Lentur Murni	30

3.2.3. Keruntuhan Akibat Geser	30
3.3. Prosedur Pengujian Pelat	31
3.3.1. Posisi Peralatan Pemberi Beban.....	31
3.3.2. Posisi Peralatan Pengukur Lendutan.....	31
3.4. Prosedur Pengujian Material	32
3.4.1. Pengujian Kuat Tekan	32
3.4.2. Pengujian Kuat Lentur	33
3.4.3. Pengujian Kuat Tarik Belah	34
3.4.4. Pengujian Kuat Geser.....	35
3.5. Prosedur Pembuatan Benda Uji	37
3.5.1. Pembuatan Bekisting.....	38
3.5.2. Pengecoran dan Curing	38
3.6. Data yang Diambil.....	39
4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA.....	41
4.1. Studi Eksperimental.....	41
4.1.1. Pendahuluan.....	41
4.1.2. Hasil Pengujian	42
4.2. Data Hasil Penelitian	43
4.2.1. Data Pengujian Material	43
4.2.2. Data Pengujian Pelat.....	49
4.3. Analisa Hasil Penelitian.....	63
4.3.1. Data Rekapitulasi Sampel Pelat.....	64
4.3.2. Jenis Kegagalan Retak	64
4.3.3. Kurva Hubungan Beban-Lendutan dan Momen Gaya-Putaran Sudut.....	72
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Jenis dan Propertis Tulangan Baja di Pasaran.....	10
Tabel 4.1.	Beban Maksimum Pada Pelat.....	42
Tabel 4.2.	Hasil Pengujian Kuat tekan.....	43
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Kuat Lentur.....	45
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah.....	46
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Kuat Geser.....	48
Tabel 4.6	Data umum Pelat Benchmark (BM-1-A).....	49
Tabel 4.7	Data umum Pelat Benchmark (BM-1-B).....	51
Tabel 4.8	Data umum Pelat (SF0,19-1-A).....	53
Tabel 4.9	Data umum Pelat (SF 0,19-1-B).....	55
Tabel 4.10	Data umum Pelat (SF 0,32-1-A).....	56
Tabel 4.11	Data umum Pelat (SF 0,32-1-B).....	58
Tabel 4.12	Data umum Pelat (SF 0,51-2-A).....	60
Tabel 4.13	Data umum Pelat (SF 0,51-2-B).....	61
Tabel 4.14	Rekapitulasi Sampel.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Hubungan Tegangan dan Regangan Tekan Beton	7
Gambar 2.2.	Hubungan Tegangan dan Regangan Tarik Beton.....	8
Gambar 2.3.	Hubungan Antara Tegangan dan Regangan Tarik Baja.....	11
Gambar 2.4.	Perilaku Pelat Beton Satu Arah Tanpa Tulangan	12
Gambar 2.5.	Distribusi Tegangan Tarik dan Tekan	13
Gambar 2.6.	Serat Polypropylene.....	15
Gambar 2.7.	Jenis-jenis Serat Baja.....	16
Gambar 2.8.	Grafik Kuat Tekan dengan Panjang Serat Kawat.....	20
Gambar 2.9.	Grafik Kuat Tarik dengan Panjang Serat Kawat	21
Gambar 2.10.	Ilustrasi Ketahanan Terhadap Retak	22
Gambar 2.11.	Penyerapan Energi Oleh Serat baja	22
Gambar 2.12.	Tingginya Resistensi Terhadap Impact	22
Gambar 2.13.	Parameter Pengaruh Serat Baja	24
Gambar 2.14.	Distribusi Keruntuhan	25
Gambar 2.15.	Diagram Distribusi Keruntuhan Setimbang	26
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 3.2.	Potongan Memanjang <i>Frame Hydraulic Jack</i>	31
Gambar 3.3.	Posisi Perletakan Pengukuran Lendutan	32
Gambar 3.4.	Model Keruntuhan.....	33
Gambar 3.5.	Dimensi Benda Uji Untuk Pengujian Geser.....	36
Gambar 3.6.	Detail Penulangan Benda Uji Pengujian Geser	36
Gambar 3.7.	Detail Pemberian Beban Pengujian Geser.....	37
Gambar 3.8.	Alur Pembuatan Benda Uji.....	38
Gambar 4.1.	Grafik Hasil Uji Tekan	44
Gambar 4.2.	Gambar Uji Tekan	44
Gambar 4.3.	Grafik hasil Uji Lentur	45
Gambar 4.4.	Gambar Uji Lentur	46
Gambar 4.5.	Gambar Uji Tarik Belah	47
Gambar 4.6.	Gambar Penampang Pelat.....	50
Gambar 4.7.	Grafik Lendutan 3,4,5 Benchmark (BM-1-A).....	50
Gambar 4.8.	Grafik Momen Rotasi (BM-1-A).....	51
Gambar 4.9.	Grafik Lendutan 3,4,5 Benchmark (BM-1-B).....	52
Gambar 4.10.	Grafik Momen Rotasi (BM-1-B).....	52
Gambar 4.11.	Grafik Lendutan 3,4,5 Pelat (SF 0,19-1-A).....	54
Gambar 4.12.	Grafik Momen Rotasi Pelat (SF 0,19-1-A)	54
Gambar 4.13.	Grafik Lendutan 3,4,5 Pelat (SF 0,19-1-B)	55
Gambar 4.14.	Grafik Momen Rotasi Pelat (SF 0,19-1-B).....	56
Gambar 4.15.	Grafik Lendutan 3,4,5 Pelat (SF 0,32-1-A).....	57
Gambar 4.16.	Grafik Momen Rotasi Pelat (SF 0,132-1-A)	58
Gambar 4.17.	Grafik Lendutan 3,4,5 Pelat (SF 0,32-1-B)	59
Gambar 4.18.	Grafik Momen Rotasi Pelat (SF 0,132-1-B).....	59
Gambar 4.19.	Grafik Lendutan 3,4,5 Pelat (SF 0,51-2-A).....	60
Gambar 4.20.	Grafik Momen Rotasi Pelat (SF 0,51-2-A)	61
Gambar 4.21.	Grafik Lendutan 3,4,5 Pelat (SF 0,51-2-B)	62

Gambar 4.22. Grafik Momen Rotasi Pelat (SF 0,51-2-B).....	63
Gambar 4.23. Skema Daerah Lentur Murni Dan Daerah Kombinasi	65
Gambar 4.24. Pola Retak Pelat Benchmark (BM-1-A).....	65
Gambar 4.25. Pola Retak Pelat Benchmark (BM-1-B).....	66
Gambar 4.26. Pola Retak Pelat (SF 0,19-1-A).....	66
Gambar 4.27. Foto Retak Pelat (SF 0,19-1-A).....	67
Gambar 4.28. Pola Retak Pelat (SF 0,19-1-B).....	67
Gambar 4.29. Foto Retak Pelat (SF 0,19-1-B).....	68
Gambar 4.30. Pola Retak Pelat (SF 0,32-1-A).....	68
Gambar 4.31. Foto Retak Pelat (SF 0,32-1-A).....	69
Gambar 4.32. Pola Retak Pelat (SF 0,32-1-B).....	69
Gambar 4.33. Foto Retak Pelat (SF 0,32-1-B).....	70
Gambar 4.34. Pola Retak Pelat (SF 0,51-2-A).....	70
Gambar 4.35. Foto Retak Pelat (SF 0,51-2-A).....	71
Gambar 4.36. Pola Retak Pelat (SF 0,51-2-B).....	71
Gambar 4.37. Foto Retak Pelat (SF 0,51-2-B).....	72
Gambar 4.38. Gambar Perbandingan Beban-Lendutan.....	72
Gambar 4.39. Gambar Pebandingan Momen Gaya-Putaran Sudut.....	73

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Inovasi yang dapat dilakukan dalam industri konstruksi tentunya sangatlah beragam. Beberapa aspek yang dapat ditingkatkan pada industri konstruksi diantaranya adalah aspek manajemen, aspek arsitektural, hingga termasuk aspek struktural. Akan tetapi satu hal yang menjadi kunci dan penghematan biaya dan peningkatan kualitas dan produksi industri konstruksi adalah aspek strukturalnya. Aspek struktural merupakan fisik dan pekerjaan konstruksi sendiri, oleh karena itu dengan melakukan inovasi pada aspek tersebut sama dengan melakukan inovasi secara fisik sehingga hasil dan inovasi yang dilakukan dapat diimplementasikan terhadap hampir seluruh proyek konstruksi di berbagai wilayah. Aspek struktural dan konstruksi sendiri adalah komponen-komponen struktur dan bangunan seperti kolom, dinding geser, balok, dan juga pelat. Oleh karena itu melakukan inovasi dalam aspek struktural artinya adalah dengan melakukan perubahan ataupun penambahan kualitas kearah yang lebih baik dan komponen-komponen struktural tersebut.

Di negara Indonesia yang merupakan negara berkembang, konstruksi beton masih menjadi pilihan utama untuk pembangunan. Konstruksi beton memiliki beberapa kelebihan dan juga beberapa keuntungan dibandingkan konstruksi baja ataupun konstruksi komposit. Kelebihan dari konstruksi beton di Indonesia adalah kemudahan mendapatkan material pembentuk beton tersebut. Berbeda dengan konstruksi baja yang menggunakan material yang tidak mudah didapatkan sehingga menyebabkan biaya yang lebih tinggi dibanding dengan konstruksi beton. Indonesia yang memiliki banyak produsen semen serta pertambangan pasir dan batuan menjadikan bangunan beton memiliki harga yang lebih murah. Oleh karena itu, dengan melakukan inovasi pada satu atau lebih komponen struktural bangunan beton, penghematan maupun penambahan kualitas dan bangunan beton tersebut akan turut meningkat. Pada akhirnya apabila inovasi tersebut dapat diaplikasikan pada seluruh bangunan beton di indonesia, hal

tersebut dapat meningkatkan kualitas maupun kuantitas dari industri konstruksi yang kerap berhubungan dengan tujuan pembangunan nasional negara.

Inovasi teknologi beton yang sedang banyak berkembang di manca negara saat ini diantaranya adalah teknologi beton dengan campuran serat baja (*steel fiber*). Teknologi beton berserat baja ini merupakan salah satu terobosan yang telah diaplikasikan pada pelat-pelat lantai pada pabrik, pada perkerasan jalan (*pavement*), pelat-pelat yang bertumpu pada tanah (*ground slab*), hingga pada terowongan-terowongan bawah tanah (*tunnels*). Adapun beberapa hasil penelitian membuktikan bahwa kelebihan penggunaan serat baja sebagai campuran beton diantaranya adalah dapat meningkatkan ketahanan tumbukan (*impact resistance*), ketahanan fatik (*fatigue resistance*), ketahanan terhadap keretakan (*cracked resistance*), kemampuan penyerapan energi (*high energy absorption*), juga kekuatan lentur (*flexural strength*) dan ketahanan geser (*shear resistance*) dan beton itu sendiri. Sedangkan dalam aplikasinya pada industri konstruksi nantinya dengan menggunakan beton berserat daripada beton bertulangan konvensional dapat memberikan keuntungan diantaranya mempercepat waktu pengerjaan, penggunaan pelat yang lebih tipis, tenaga kerja yang lebih sedikit, penuangan beton cair (*pouring*) yang lebih cepat, sehingga dapat menekan biaya konstruksi sebesar 10% sampai 30% dari biasanya.

Penelitian mengenai penambahan serat baja ke dalam campuran beton telah menjadi sorotan beberapa dekade terakhir sejak pertama kali dipublikasikan pada tahun 1960. Beberapa penelitian bahkan telah mengaplikasikan beton berserat baja atau biasa disebut *steel fiber reinforced concrete* (SFRC) pada struktur pelat, dengan ataupun tanpa penambahan tulangan. Penelitian mengenai sifat mekanis material beton dengan berbagai proporsi pencampuran (*mix design*) telah dan akan terus dikembang di berbagai belahan dunia. Beberapa penelitian mengenai beton berserat baja ini bahkan telah diakui sebagai ASTM (*American Standard Test Method*) dan digunakan sebagai acuan metode pengujian di berbagai negara.

Di Indonesia sendiri, penelitian mengenai beton berserat baja sudah banyak dilakukan baik sebagai pengujian material maupun pengujian dalam bentuk spesimen struktural. Akan tetapi beberapa hasil penelitian yang telah

dilakukan di Indonesia memperlihatkan bahwa penelitian yang dilakukan hanya terbatas pada serat baja alami yang belum terbukti dan teruji kualitas dan karakteristiknya. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini penulis akan menguji pelat beton berserat baja dan juga pengujian material pendukungnya dengan menggunakan serat baja yang telah teruji secara klinis yang diproduksi oleh Dramix mengenai sifat-sifat mekanis serta karakteristiknya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari perilaku pelat satu arah dengan *steel fiber* sebagai reinforcement akibat pembebanan statik
2. Membandingkan kekuatan *flexural* pelat beton satu arah penulangan baja (penulangan konvensional) dengan pelat beton satu arah dengan *steel fiber* sebagai reinforcement.
3. Mempelajari pengaruh perbedaan penambahan persentase *steel fiber* terhadap kekuatan *flexural* dari pelat satu arah.

1.3 Hipotesa Awal

Hipotesa awal penulis sebelum melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan *steel fiber* pada pelat beton satu arah akan meningkatkan kuat tekan, kuat tarik, ketahanan geser, ketahanan lentur.
2. *Steel fiber* bisa menggantikan tulangan konvensional.

1.4 Pembatasan Masalah

Pada penelitian ini, yang akan menjadi batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Obyek penelitian

- a. Sampel pelat beton satu arah berserat baja berukuran 1750 mm x 600 mm x 100 mm
- b. Sampel pelat beton satu arah konvensional berukuran 1750 mm x 600 mm x 100 mm
- c. Sampel silinder berukuran diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm
- d. Sampel balok 150 mm x 150 mm x 600 mm

2. Mutu Material

- a. Menggunakan material beton ready mix dengan mutu beton K-300 SCC screening
- b. Serat baja ukuran $l/d = 65$
- c. Persentase volume fraksi *steel fiber* 0,19, 0,32 % dan 0,51%

3. Jenis Pengujian

a. Pengujian pelat

Untuk pengujian pada pelat ini akan di lakukan dengan pemberian beban statik dengan pembebanan *four point loading*.

b. Pengujian material

Pada pengujian material beton akan di lakukan sebanyak empat pengujian, yaitu:

- Pengujian kuat tekan
- Pengujian kuat lentur
- Pengujian kuat tarik belah
- Pengujian kuat geser

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang dilakukan dalam penulisan makalah seminar ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penulisan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan makalah.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi literatur-literatur yang mengandung teori yang berhubungan dengan obyek penelitian. Dasar teori dari penelitian ini terutama dari segi ilmu properti material beton, teori yang berhubungan dengan *steel fiber* dan SFRC, teori mengenai sifat mekanis dan karakteristik pelat beton, teori mengenai standar pengujian yang akan dilakukan, serta teori-teori yang dapat mendukung penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi metode, peralatan, dan prosedur yang akan digunakan dalam eksperimen pelat satu arah dengan *steel fiber* sebagai *reinforcement*.

BAB IV HASIL DAN ANALISA PENELITIAN

Berisikan penjelasan tentang hasil penelitian yang telah dilaksanakan beserta analisa mengenai hasil yang didapatkan dari penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran. Dari hasil studi eksperimen yang dilakukan, ditarik sejumlah kesimpulan yang menjawab tujuan dan permasalahan yang mendasari dilakukannya penelitian. Dalam bagian ini disampaikan pula sejumlah saran agar penelitian yang telah dilakukan dapat dikembangkan.

BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1 Pengetian Beton Bertulang

Sifat utama dari beton yaitu sangat kuat terhadap tekan, tetapi juga bersifat getas/mudah patah atau rusak terhadap beban tarik. Dalam perhitungan beton kuat tarik beton ini diabaikan. Sifat utama dari baja tulangan, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Karena baja tulangan harganya mahal, maka sedapat mungkin dihindari penggunaan baja tulangan untuk memikul beban tekan.

Dari sifat utama tersebut, maka jika kedua bahan (beton dan baja tulangan) di padukan menjadi satu kesatuan secara komposit, akan diperoleh bahan baru yang di sebut beton bertulang. Beton bertulang ini mempunyai sifat sesuai dengan bahan penyusunnya, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Beban tarik pada beton bertulang ditahan oleh baja tulangan, sedangkan beban tekan cukup ditahan oleh beton.

Pada saat sekarang ini, bahan beton bertulang sangatlah penting dalam berbagai bahan pembangunan, baik untuk gedung bertingkat tinggi, jembatan, jembatan bertingkat (jembatan layang), bendungan, jalan raya maupun dermaga pelabuhan.

2.1.1 Kekuatan Beton

a. Kuat tekan beton

Karena sifat utama dari beton adalah sangat kuat jika menerima beban tekan, maka mutu beton hanya ditinjau terhadap kuat tekan beton tersebut. Menurut peraturan beton di Indonesia (PBI-1971, diperbaiki dengan SK SNI T-15-1991-03 dan SNI 03-2847-2002), kuat tekan beton berisi notasi dengan f_c' , yaitu kuat tekan silinder beton yang diisyaratkan pada waktu berumur 28 hari.

Mutu beton dibedakan atas 3 macam menurut kuat tekannya, yaitu:

- Mutu beton dengan f_c' kurang dan 10 MPa, digunakan untuk beton non struktur (misalnya: kolompraktis, balokpraktis).

- Mutu beton dengan f_c' antara 10 MPa sampai 20 MPa, digunakan untuk beton struktur (misalnya: balok, kolom, pelat maupun fondasi).
- Mutu beton dengan f_c' sebesar 20 MPa ke atas, digunakan untuk struktur beton yang direncanakan tahan gempa.

Untuk pengujian kuat tekan beton, benda uji berupa silinder beton berdiameter 15 cm dan tingginya 30 cm ditekan dengan beban P sampai runtuh. Karena ada beban tekan P , maka terjadi tegangan tekan pada beton (σ) sebesar beban (P) dibagi dengan luas penampang beton (A), sehingga dirumuskan:

$$\sigma = P/A$$

Dimana :

σ = tegangan tekan beton, MPa

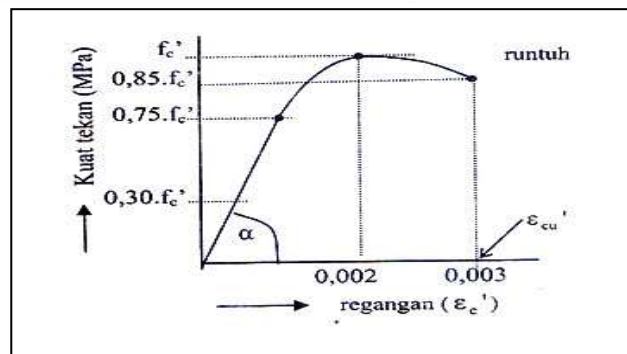
P = besar beban tekan, N

A = Luas penampang beton, mm^2

Beban P tersebut juga mengakibatkan bentuk fisik silinder beton berubah menjadi lebih pendek, sehingga timbul regangan tekan pada beton (ε) sebesar perpendekan beton (ΔL) di bagi dengan tinggi awal silinder beton (L_0) ditulis dengan rumus:

$$\varepsilon = \Delta L / L_0$$

Hubungan antara tegangan dan regangan tekan beton dapat digambarkan sebagai berikut:

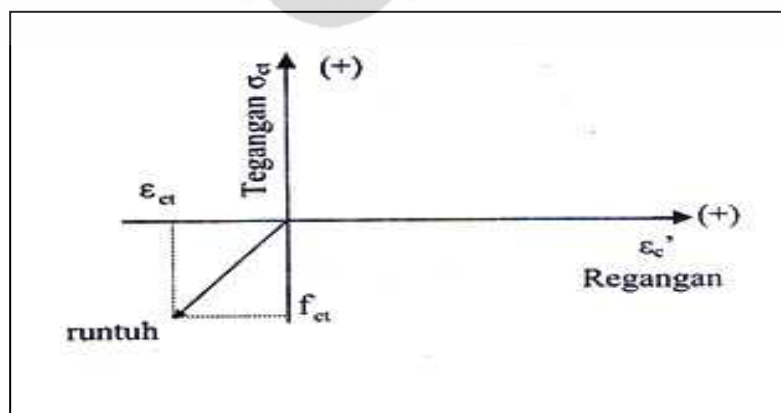


Gambar 2.1 Hubungan Tegangan dan Regangan Tekan Beton(SNI 03-2847-2002)

- Pada saat beban tekan mencapai $0,3-0,4 f_c'$, perilaku tegangan regangan beton pada dasarnya masih linear. Retak-retak lekatan yang sebelum pembebanan sudah terbentuk, akan tetap stabil dan tidak berubah selama tegangan tekan yang bekerja masih di bawah $0,3 f_c'$ (f_c' merupakan kekuatan batas tekan beton)
- Pada saat beban tekan melebihi $0,3-0,4 f_c'$, retak-retak lekatan mulai terbentuk. Pada saat ini terjadi deviasi pada hubungan tegangan dan regangan pada kondisi linear.
- Pada saat beban tekan mencapai $0,75-0,9 f_c'$, retak-retak lekatan tersebut merambat ke mortar sehingga terbentuk pola retak yang kontinu. Pada kondisi ini hubungan tegangan dan regangan beton semakin menyimpang dari kondisi linear.
- Pada saat beton akan runtuh (kuat tekan beton telah mencapai puncak f_c'), maka tegangan beton turun menjadi $0,85 f_c'$ sedangkan regangan akan tetap naik sampai mencapai batas retak (ϵ sebesar $0,003$). Kedua angka ini sangat penting bagi perencanaan struktur beton bertulang.

b. Kuat tarik beton

Perilaku beton pada saat diberikan beban aksial tarik agak sedikit berbeda dengan perilakunya pada saat di berikan beban tekan. Hubungan antara tegangan dan regangan tarik beton umumnya bersifat linear sampai terjadinya retak yang biasanya langsung diikuti oleh keruntuhan beton.



Gambar 2.2 Hubungan Antara Tegangan dan Regangan Tarik Beton(SNI 03-2847-2002)

Kuat tarik beton (f_{ct}) jauh lebih kecil dari pada kuat tekannya yaitu:

$$f_{ct} \approx 10\% f_c'$$

Menurut pasal 13.4.2.2 SNI 03-2847-2002, hubungan antara kuat tarik langsung f_{cr} terhadap kuat tekan beton f_c' di nyatakan dengan rumus berikut:

$$f_{cr} = 0,33 \sqrt{f_c'}$$

c. Modulus elastisitas beton

Dari hubungan tegangan dan regangan tekan beton terlihat sudut α yaitu sudut antara garis lurus kurva yang di tarik dari kondiusi nol sampai tegangan tekan sebesar $0,45 f_c'$ dan garis regangan ϵ . Modulus elastisitas merupakan tangen dari sudut tersebut. Menurut pasal 10.5 SNI 03-2847-2002, modulus elastisitas beton E_c dapat di tentukan berdasarkan berat beton norma W_c dan kuat tekan beton f_c' , dengan rumus :

$$E_c = (W_c)^{1,5} \cdot 0,043 \cdot \sqrt{f_c'}$$

Dengan $W_c = 1500-2500 \text{ kg/m}^3$. Untuk beton normal, nilai E_c boleh di ambil , $E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$.

2.1.2 Kekuatan Baja Tulangan

a. Jenis baja tulangan

Menurut SNI 03-2847-2002, tulangan yang dapat di gunakan pada elemen beton bertulang di batasi hanya pada baja tulangan dan kawat baja saja. Belum ada peraturan yang mengatur penggunaan tulangan yang lain, selain dari baja tulangan atau kawat baja tersebut.

Baja yang tersedia di pasaran ada 2 jenis, yaitu baja tulangan polos dan baja tulangan ulir atau deform. Tulangan polos biasanya digunakan untuk tulangan geser/begel/senggang dan mempunyai tegangan leleh (f_y) minimal sebsar 240 MPa, dengan ukuran $\phi 6$, $\phi 8$, $\phi 10$, $\phi 12$, $\phi 14$ dan $\phi 16$ (dengan ϕ adalah

simbol yang menyatakan diameter tulangan polos). Tulangan ulir/deform digunakan untuk tulangan longitudinal atau tulangan memanjang, dan mempunyai tegangan leleh (f_y) minimal 300 MPa. Ukuran diameter nominal tulangan ulir yang umumnya tersedia di pasaran sebagai berikut :

Tabel 2.1 Jenis dan properties tulangan baja di pasaran

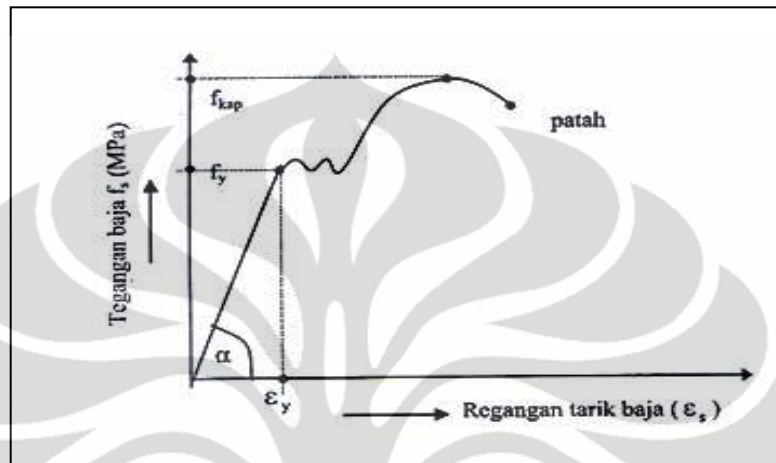
Jenis Tulangan	Diameter Nominal (mm)	Berat per m (kg)
D10	10	0,617
D13	13	1,042
D16	16	1,578
D19	19	2,226
D22	22	2,984
D25	25	3,853
D29	29	5,185
D32	32	6,313
D36	36	7,990

Yang disebut dengan diameter nominal tulangan ulir adalah ukuran diameter dari tulangan ulir tersebut yang di samakan dengabn diameter tulagan polos dengan syarat kedua tulangan (ulir dan polos) mempunyai berat yang sama.

b. Kuat tarik baja tulangan

Meskipun baja tulangan mempunyai sifat tahan terhadap beban tekan, tetapi karena mahal harganya maka baja tulangan ini hanya di utamakan untuk menahan beban tarik pada struktur beton bertulang, sedangkan beban tekan yang bekerja cukup di tahan oleh beton.

Hubungan antara tegangan dan regangan tarik baja dapat di lihat sebagai berikut:



Gambar 2.3 Hubungan antara tegangan dan regangan tarik baja (SNI 03-2847-2002)

c. Modulus elastisitas baja tulangan

Dari hubungan tegangan dan regangan tarik baja terlihat sudut α yaitu sudut antara garis lurus kurva yang di tarik dari kondisi tegangan nol sampai tegangan leleh f_y dan garis regangan ϵ . Modulus elastisitas nya adalah tanges dari sudut α tersebut. Menurut pasal 10.5.2 SNI 03-2847-2002, modulus elastisitas baja tulangan non pratekan E_s dapat diambil sebesar 200000MPa.

2.1.3 Prinsip Dasar Beton Bertulang

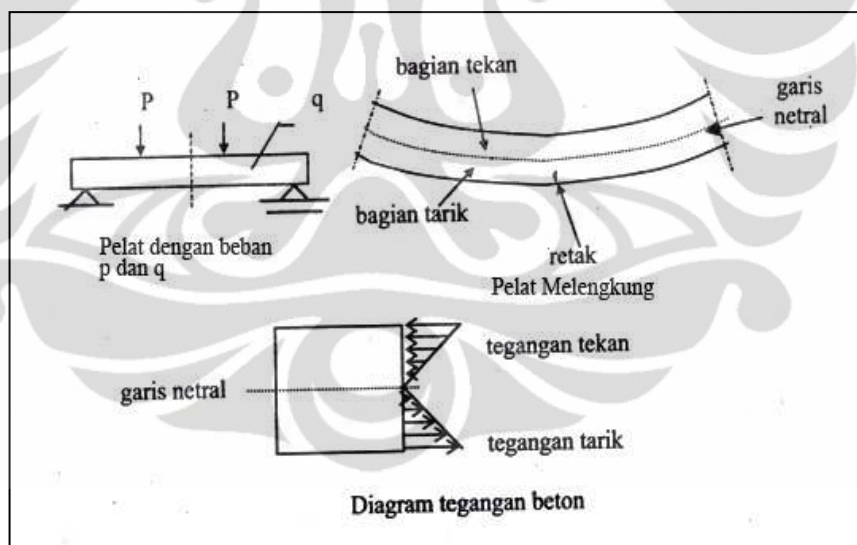
a. Pelat beton satu arah tanpa tulangan

Sifat dari bahan beton yaitu sangat kuat untuk menahan tekan, tetapi tidak kuat (lemah) untuk menahan tarik. Oleh karena itu, beton dapat mengalami retak jika beban yang dipikulnya menimbulkan tegangan tarik yang melebihi kuat tariknya.

Jika sebuah beton (tanpa tulangan) ditumpu oleh tumpuan sederhana (sendi-rol), dan diatas balok tersebut bekerja beban terpusat P serta beban merata q maka akan timbul momen luar sehingga balok akan melengkung kebawah.

Pada balok yang melengkung ke bawah akibat beban luar ini pada dasarnya ditahan oleh kopel gaya-gaya dalam yang berupa tegangan tekan dan tarik. Jadi pada serat-serat balok bagian tepi-atas akan menahan tegangan tekan dan semakin bawah tegangan tekan tersebut akan semakin kecil. Sebaliknya, pada serat bagian tepi bawah akan menahan tegangan tarik, dan semakin keatas tegangan tariknya semakin kecil. Pada bagian tengah, yaitu pada batas antara tegangan tekan dan tarik, serat-serat balok tidak mengalami tegangan sama sekali (tegangan tekan maupun tariknya bernilai nol). Serat-serat yang tidak mengalami tegangan tersebut membentuk suatu garis yang di sebut garis netral.

Jika beban diatas balok tersebut cukup besar, maka serat-serat beton pada bagian tepi bawah akan mengalami tegangan tarik cukup besar pula, sehingga terjadi retak beton pada bagian bawah. Keadaan ini terjadi terutama pada daerah beton yang momen nya besar, yaitu ada bagian tengah bentang.

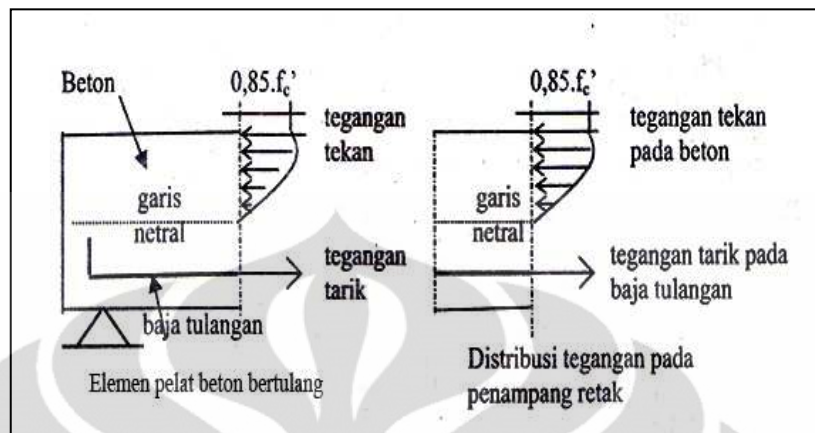


Gambar 2.4 Perilaku pelat beton satu arah tanpa tulangan

b. Pelat beton satu arah dengan tulangan dengan tulangan

Untuk menahan gaya tarik yang cukup besar pada serat-serat balok bagian tepi bawah, maka perlu diberi baja tulangan sehingga disebut dengan istilah beton bertulang. Pada beton bertulang ini, tulangan baja ditanam didalam

beton sedemikian rupa, sehingga gaya tarik yang di butuhkan untuk menahan momen pada penampang retak dapat ditahan oleh baja tulangan



Gambar 2.5 Distribusi tegangan tarik dan tekan

Karena sifat beton yang tidak kuat terhadap tarik, maka tampak bahwa bagian balok yang menahan tarik (dibawah garis netral) akan di tahan oleh tulangan, sedangkan bagian yang menahan tekan (di atas garis netral) tetap di tahan oleh beton.

2.1.4 Pelat Satu Arah

Pelat satu arah adalah suatu lantai beton bertulang struktural yang angka perbandingannya antara bentang yang panjang dengan bentang yang pendek sama atau lebih besar dari 2. Karena momen lentur hanya bekerja pada satu arah saja, yaitu searah bentang, maka tulangan pokok juga di pasang satu arah yang searah dengan bentang tersebut. Untuk menjaga agar kedudukan tulangan pokok (pada saat pengecoran beton) tidak berubah dari tempat semula, maka dipasang pula tulangan yang arahnya tegak lurus tulangan pokok. Tulangan tersebut juga berfungsi selain memperkuat kedudukan tulangan pokok, juga sebagai tulangan untuk menahan retak beton akibat susut dan perbedaan suhu pada beton.

2.2 Serat Baja Pada Pelat Satu Arah

Beton berserat baja (SFRC) adalah material komposit yang terbuat dari campuran semen, agregat kasar, agregat halus, komponen-komponen admixtures sering digunakan dalam beton dan campuran serat baja kecil. Serat dapat berupa asbestos, gelas / kaca, plastik, baja atau serat tumbuh-tumbuhan seperti rami, ijuk.

Menurut Tjokrodimulyo maksud utama penambahan serat kedalam beton adalah untuk menambah kuat tarik beton, mengingat kuat tarik beton sangat rendah. Kuat tarik yang sangat rendah berakibat beton mudah retak, yang pada akhirnya mengurangi keawetan beton. Dengan adanya serat, ternyata beton menjadi lebih tahan retak. Perlu diperhatikan bahwa pemberian serat tidak banyak menambah kuat tekan beton, namun hanya menambah daktilitas.

Serat baja dapat berupa potongan-potongan kawat atau dibuat khusus dengan permukaan halus / rata atau deform, lurus atau bengkok untuk memperbesar lekatan dengan betonnya. Serat baja akan berkarat dipermukaan beton, namun akan sangat awet jika didalam beton.

Dalam pemakaiannya, hal yang menjadi pembatas adalah masalah harga, karena sampai saat ini harga serat masih mahal. Namun demikian karena kebutuhan, maka beton serat sudah sering dipakai pada :

- a. lapisan perkerasan jalan dan lapangan udara, untuk mengurangi retak dan mengurangi ketebalannya
- b. spillway pada dam untuk mengurangi kerusakan akibat adanya kavitas

Penggunaan serat pada adukan beton pada intinya memberikan pengaruh yang baik yaitu dapat memperbaiki sifat beton antara lain dapat meningkatkan daktilitas dan kuat lentur beton. Retak-retak yang membawa keruntuhan pada struktur beton biasanya dimulai dari retak rambut (micro crack).

2.2.1 Serat Polypropylene

Pada penelitian Bayasi dan Zeng (1993) mengenai serat polypropylene dengan konsentrasi serat 0,1 %, 0,3 % dan 0,5 % menyimpulkan bahwa dengan menambahkan serat polypropylene sebesar 0,3 % kedalam beton segar tidak mempengaruhi workability dan kandungan udara. Dengan penambahan serat

polypropylene sebesar 0,5 % akan mengurangi workability dan meningkatkan kandungan udara pada beton.



Gambar 2.6 Serat Polypropylene

2.2.2 Serat Carbon

Penelitian Briggs, Bowen dan Kolk (1974) tentang beton serat yang menggunakan serat carbon didapatkan bahwa penyebaran fiber tidak akan merata jika aspect ratio fiber terlalu besar ($l/d > 100$) karena fiber akan menggumpal. Untuk fiber yang mempunyai aspect ratio terlalu kecil ($l/d < 50$) maka ikatan fiber dengan adukan beton akan jelek.

2.2.3 Serat baja

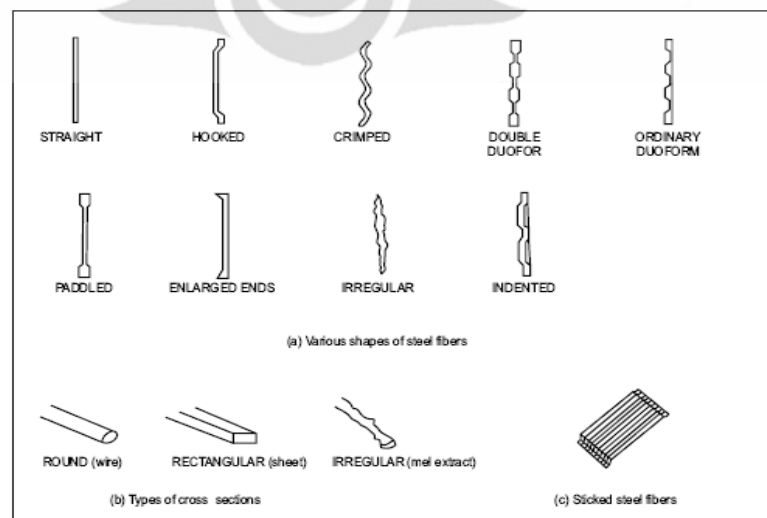
Naaman dan Najm (1991) meneliti beton serat yang menggunakan baja. Penelitian ini mengenai pengujian pull out serat baja dengan mortar semen. Dengan menggunakan 3 bentuk serat yang berbeda (lurus, deform dan berkait), penambahan additive seperti latex, fly ash dan microsilica. Serat-serat berkait dan deformed fibers memiliki pullout resistance lebih tinggi dibandingkan dengan serat yang rata atau lurus. Ini karena sumbangan mekanis dari serat berkait dan deformed fibers dalam hal pullout resistance bisa mencapai hingga seratus kali dari serat yang rata atau lurus

Dari penelitian Soroushian dan Bayasi mengenai pengaruh perbedaan bentuk serat baja didalam beton yaitu lurus, bergelombang dan berkait dengan aspek rasio 60. Volume fiber yang digunakan 2 %. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan serat baja bergelombang menghasilkan nilai slump yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat baja yang lurus atau berkait. Pada aspek rasio 60, serat berkait menghasilkan kekuatan lentur yang paling baik. Serat berkait lebih efektif

daripada serat lurus dan bergelombang pada kekuatan tekan. Efek dari beton serat pada kekuatan tekan adalah relatif kecil dan jenis serat yang berbeda juga berlaku didalam hal ini. Menurut Soroushian dan Bayasi (1991) ada beberapa jenis fiber baja yang biasa digunakan :

1. Bentuk fiber baja (*Steel fiber Shapes*)
 - a. Lurus (straight)
 - b. Berkait (hooked)
 - c. Bergelombang (crimped)
 - d. Double duo form
 - e. Ordinary duo form
 - f. Bundel (paddled)
 - g. Kedua ujung ditekuk (enlarged ends)
 - h. Tidak teratur (irregular)
 - i. Bergerigi (indented)
2. Penampang fiber baja (*Steel fiber cross section*)
 - a. Lingkaran/kawat (round/wire)
 - b. Persegi / lembaran (rectangular / sheet)
 - c. Tidak teratur / bentuk dilelehkan (irregular / melt extract)
3. Fiber dilekatkan bersama dalam satu ikatan (fibers glued together into a bundle)

Jenis dari fiber baja dapat dilihat pada gambar :



Gambar 2.7 Jenis-jenis serat baja

Menurut Surendra P Shah (1983) dengan konsentrasi serat sebanyak 2 % dari berat semen menghasilkan kekutan beton yang baik untuk beton mutu tinggi. Pada penelitian Balaguru dan Ramakrishnan (1988) menyelidiki perilaku serat baja pada beton. Serat baja yang memiliki panjang 50 mm dengan ujung-ujungnya yang ditekuk seperti kait. Sifat yang diselidiki adalah slump dan kandungan udara yang akan dibandingkan dengan beton normal. Dengan dua campuran semen yang akan digunakan 611 lb/yd³ dan 799 lb/yd³ (363 kg/m³ dan 474 kg/m³) yang akan diselidiki. Kandungan semen yang lebih sedikit menggunakan air semen 0,4 menghasilkan beton yang mudah pengerjaannya. Kuat tekannya mencapai 6000 psi (41 MPa). Kandungan semen yang banyak menggunakan air semen 0,3 dan menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan 7000 Psi (48 MPa). Dari penelitian disimpulkan bahwa penambahan serat dapat mengurangi nilai slump dan kandungan udara. Kecepatan runtuhnya slump lebih lambat dan hilangnya kandungan udara lebih cepat untuk beton serat.

Dalam ACI Committee 544 (1993) telah dilaporkan bahwa untuk beton serat mutu tinggi mempunyai nilai slump yang sudah ditentukan yaitu antara 25 mm sampai 100 mm. Balaguru, Narahari dan Patel (1992) meneliti tipe serat, panjang serat dan mutu beton. Macam serat yaitu berkait, bergelombang dan lurus. Panjang fiber 30, 50 dan 60 mm. Mutu beton yang digunakan adalah mutu normal dan mutu mutu tinggi (27 MPa dan 81 MPa). Disimpulkan bahwa serat berkait adalah sangat efektif didalam meningkatkan toughness. Adanya kandungan serat didalam beton menyebabkan beton dapat berperilaku ductile. Pada beton mutu tinggi menggunakan serat berkait dengan penambahan 0 – 30 kg/m³ memberikan hasil yang optimal. Untuk serat berkait, panjang dari serat-serat tersebut tidak mempengaruhi toughness yang berarti.

2.2.4 Serat kawat

Pada penelitian Suhendro, dipelajari pengaruh penambahan fiber lokal (yang berupa potongan kawat yang murah harganya dan banyak tersedia di Indonesia) kedalam adukan beton mengenai daktilitas, kuat tekan dan impact resistance beton fiber yang dihasilkan. Fiber lokal tersebut dimaksudkan untuk menggantikan *steel fiber* yang telah dipakai diluar negeri. Tiga jenis kawat lokal

yaitu kawat baja, kawat bendrat dan kawat biasa yang berdiameter ± 1 mm dipotong–potong dengan panjang ± 6 cm dan dijadikan sebagai fiber. Konsentrasi fiber yang diteliti adalah 0,5 dan 1 %. Diameter kerikil maksimal yang dipakai adalah 2 cm karena akan mempermudah penyebaran fiber kawat bendrat secara merata kedalam adukan beton. Faktor air semen 0,55. Dari hasil pengujian terhadap benda–benda uji disimpulkan dengan adanya serat pada beton dapat mencegah retak-retak rambut menjadi retakan yang lebih besar. Dengan penambahan serat pada adukan beton ternyata dapat meningkatkan ketahanan terhadap daktilitas, beban kejut (*impact resistance*) dan kuat desak. Tingkat perbaikannya tidak kalah dengan hasil–hasil yang dilaporkan diluar negeri dengan menambahkan *steel fiber* yang asli.

Beberapa hal yang perlu mendapat perhatian khusus pada beton *fiber* ini adalah masalah *fiber dispersion* atau teknik pencampuran adukan agar *fiber* yang ditambahkan dapat tersebar merata dengan orientasi yang random dalam beton dan masalah kelecakan (*workability*) adukan. Secara umum dapat dijelaskan bahwa dengan memodifikasikan proporsi adukan (misalnya dengan menambah *superplasticizer* ataupun memperkecil diameter maksimum agregat). Dan memodifikasi teknik pencampuran adukan (*mixing technique*) maka masalah *fiber dispersion* dapat diatasi. Untuk masalah *workability*, secara umum dapat pula dikatakan bahwa *workability* akan menurun seiring dengan makin banyaknya prosentase fiber yang ditambahkan dan makin besarnya rasio kelangsingan fiber (Suhendro, 1991). Pedoman untuk mengatasi kedua masalah tersebut yang menyangkut pedoman perincian, perbandingan, campuran, pengecoran dan penyelesaian beton *fiber* baja, telah dilaporkan oleh ACI Committee 544 (1993).

Penelitian Leksono, Suhendro dan Sulistyono (1995) tentang beton serat yang menggunakan kawat bendrat berbentuk lurus dan berkait kedalam campuran beton. Kemudian beton diuji kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik dan pengujian balok beton. Sebagai bahan susun beton dipakai batu pecah dengan ukuran agregat maksimal 20 mm, kawat bendrat diameter ± 1 mm dipotong dengan ujungnya berkait (*hooked fiber*) dan panjang 60 mm, faktor air semen 0,55 dan volume *fiber* kawat (*vf*) 0,7 % volume adukan. Dengan berat jenis kawat bendrat 6,68 gr/cm³, maka berat yang harus ditambahkan ke dalam 1 m³ adukan beton

(dibulatkan) 50 kg. Untuk balok beton bertulang dengan ukuran $15 \times 25 \times 180$ cm dengan kandungan fiber 0,25 ; 0,5 ; 0,75 dan 1,00 % Dari penelitian yang telah dilakukan dengan menambahkan fiber sebanyak 0,75 sampai dengan 1 % dari volume beton dan dengan menggunakan *aspect ratio* sekitar 60 - 70 akan memberikan hasil yang optimal. Penambahan *hooked fiber* kedalam adukan beton dapat menurunkan kelecakan adukan beton sehingga beton menjadi sulit dikerjakan. Kuat tarik, kuat desak kuat lentur meningkat setelah diberi *hooked fiber* Untuk kandungan *fiber* yang optimal 0,75.

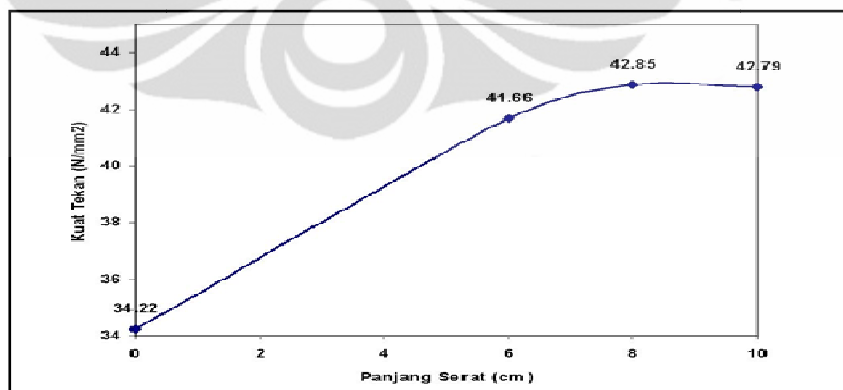
Untuk penelitian Hartanto (1994) penambahan *fiber* lokal kedalam adukan beton, kuat tekan beton (umur 28 hari) bertambah 7 %. Ini menunjukkan bahwa penambahan *fiber* lokal kedalam adukan beton tidak berpengaruh banyak pada kuat tekan beton, namun bahan lebih bersifat daktail. Hartanto juga menyimpulkan bahwa dengan menambahkan *fiber* lokal kedalam adukan beton, kuat tarik beton (umur 28 hari) meningkat sebesar 20,45 % untuk beton *fiber* $v_f = 0,7$ %. Selain itu beton *fiber* masih memiliki kemampuan menahan tarik meskipun sudah terjadi retakan-retakan yang cukup besar (5 - 10 mm). Ini menunjukkan bahwa penambahan *fiber* lokal kedalam adukan beton meningkatkan kuat tarik.

Penelitian Sudarmoko (1991) akan mencari pengaruh penambahan serat bendrat terhadap kuat tarik. Untuk bahan digunakan kerikil dengan diameter maksimal 10 mm dengan maksud agar masih tersedia ruang yang cukup diantara kerikil untuk diisi dengan serat sehingga masih didapat kelecakan yang memungkinkan pengadukan dilakukan dengan mudah. Bahan serat digunakan serat bendrat yang dibuat dengan jalan memotong kawat bendrat dengan panjang 2,5 - 3 cm agar batas aspek rasio tidak terlampaui. Faktor air semen 0,56. Berat semen yang dipakai dalam setiap jenis adukan bervariasi sesuai dengan konsentrasi serat yang ditambahkan pada adukan dengan pedoman bahwa jumlah air yang ada masih mampu menghasilkan kelecakan adukan yang masih memungkinkan pencampuran adukan dapat dilakukan dengan mudah dan homogenitas adukan masih dapat dicapai. Adukan beton serat dibuat dengan konsentrasi serat bendrat ditambahkan sebesar 0,25 %, 0,5 %, 0,75 %, 1,00 % dan 1,25 % dari volume adukan agar masih didapat penyebaran serat yang merata pada adukan. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan serat

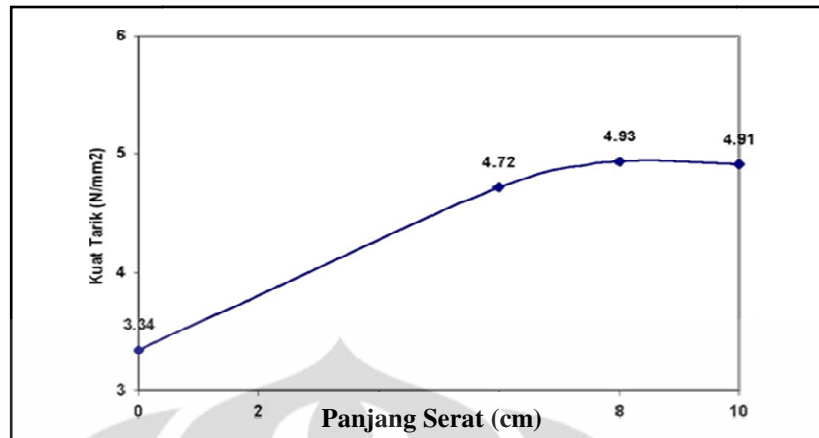
bendrat kedalam adukan beton akan mempertinggi kuat tariknya. Tetapi makin tinggi konsentrasi serat, makin kecil nilai slump yang didapat, sehingga untuk mendapat nilai slump yang tetap makin banyak dibutuhkan penambahan air dan semen.

Hal ini juga sesuai dengan penelitian Leksono (1995), pemakaian *hooked fiber* dari kawat bendrat kedalam adukan beton dapat menurunkan kelecakan adukan sehingga beton sulit dikerjakan, namun dengan nilai VB time antara 5 – 25 detik dapat dipakai sebagai pedoman untuk menyatakan suatu adukan beton *fiber* mempunyai kelecakan yang baik

Sudarmoko meneliti pengaruh aspek rasio serat (nilai banding panjang dan diameter serat) yang dinyatakan panjang serat, terhadap sifat-sifat struktural adukan beton yang mengandung serat yang meliputi kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastik. Dengan panjang serat kawat bendrat 60, 80 dan 100 mm dengan konsentrasi serat 1 % dari volume adukan disimpulkan hasil terbaik ditunjukkan oleh beton serat dengan panjang serat 80 mm merupakan nilai yang optimal untuk ditambahkan pada adukan beton ditinjau dari sudut peningkatan kuat tarik dan kuat tekan sedang pada pengujian modulus elastik panjang serat 100 mm memberi hasil yang terkesan tetap dengan nilai yang tidak terlalu menyimpang dari benda uji dengan panjang serat 80 mm sehingga dapat disimpulkan bahwa panjang 80 mm adalah panjang serat yang optimal.



Gambar 2.8 Grafik Kuat Tekan dengan Panjang Serat Kawat (Sudarmoko, 1993)



Gambar 2.9 Grafik Kuat Tarik dengan Panjang Serat Kawat (Sudarmoko, 1993)

Pada penelitian Handiyono (1994) mengenai bentuk geometri serat kawat bendrat membuktikan bahwa *thoughness index* beton dengan serat hooked dapat ditingkatkan lebih besar bila dibandingkan dengan beton dengan serat lurus maupun dengan beton biasa. Hal ini membuktikan bahwa penambahan serat hooked pada beton dapat meningkatkan daktilitas. Tegangan tarik beton meningkat bila dibandingkan dengan beton serat lurus dan beton biasa.

Pola retak balok beton dengan serat lurus adalah retak-retak tunggal dengan sedikit retak halus, sedangkan balok dengan serat hooked lebih mampu menahan retak dibanding serat lurus. Pada beton normal, pola retak tidak beraturan.

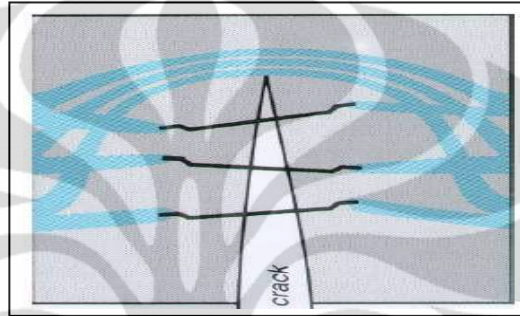
2.2.5 Keuntungan Menggunakan Serat Baja

Keuntungan yang di dapat dari penggunaan serat baja pada pelat satu arah adalah sebagai berikut:

a. Keuntungan teknis

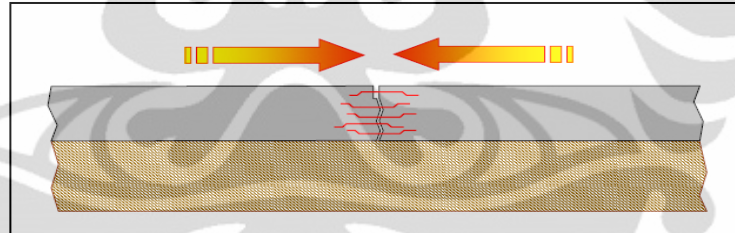
Berikut keuntungan teknis penggunaan Serat baja di bandingkan dengan beton tulangan konvensional :

- Sangat baik dalam memberikan ketahanan terhadap retak



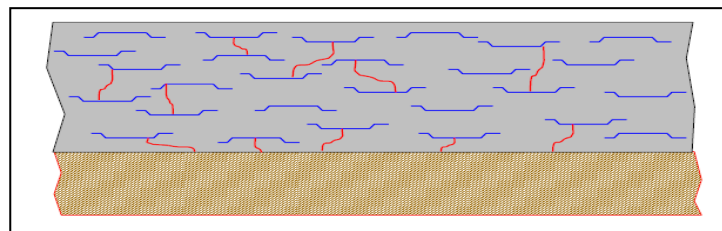
Gambar 2.10 Ilustrasi ketahan terhadap retak

- Tingginya penyerapan energi



Gambar 2.11 Penyerapan energi oleh serat baja

- Tingginya resistensi terhadap *impact*



Gambar 2.12 Ilustrasi resistensi terhadap *impact*

- Peningkatan ketahanan geser

- Peningkatan kekuatan lentur
- Lebih baik ketahanan terhadap korosi
- Peningkatan kinerja keseluruhan pelat

b. Ketangguhan serat baja pada pelat satu arah

Efek utama dari penambahan serat baja dalam pelat satu arah yang juga keuntungan dari SFRC tentang perilaku retak. Serat baja baru akan berkerja saat retak pertama baru muncul dan memiliki kemampuan untuk menyerap dan mendistribusikan beban atau energi sehingga pelat satu arah yang memiliki campuran serat baja ini akan memiliki perilaku ulet, oleh karena itu kelebihan dari kapasitas lentur dari *fase plastic* (paska daktilitas) dapat di gunakan untuk desain struktur ketika deformasi harus di benar-benar di kontrol. Ini adalah alasan mengapa, untuk ketebalan yang sama sebuah pelat satu arah dengan campuran serat baja dapat mendukung beban yang lebih tinggi di bandingkan pelat satu arah dengan konvensional biasa.

c. Keuntungan ekonomis

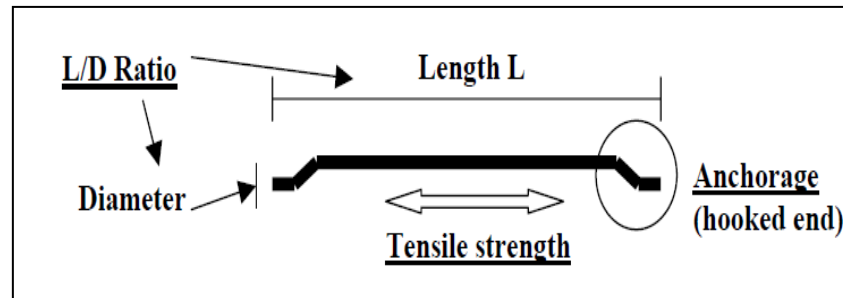
Dalam merancang pelat satu arah dengan campuran serat baja akan memiliki keuntungan ekonomis sebagai berikut :

- Lebih cepat dan konstruksinya lebih murah (dari 10 % hingga 30 % dari biasanya)
- Pelat kurang tebal sehingga lebih sedikit beton
- Tidak dipelukan nya instalasi *wiremesh*
- Kurangnya pemeliharaan slab (retak kurang, kurangnya cacat pada beton, memiliki kelebihan terhadap *fatigue*)

2.2.6 Kinerja Dari Serat Baja

Kinerja dari serat baja dapat di tentukan oleh tiga parameter yaitu:

- a. Kekuatan tarik
- b. *The anchorage*
- c. Rasio antara panjang dan diameter : aspek rasio L/D



Gambar 2.13 Parameter pengaruh serat baja

Kinerja dari serat baja pada beton akan tergantung dari masing-masing parameter tersebut dan juga interaksi mereka. Misalnya, serat dengan baja kekuatan tinggi terhadap tarik tetapi dengan anchored yang buruk di beton mungkin tidak akan mendapatkan nilai tarik izin yang di rencanakan. Tiga parameter ini akan memberikan nilai ketangguhan pada dosis tertentu.

Namun, untuk dosis yang berbeda (nilai / volume beton), nilai ketangguhan untuk serat baja yang spesifik akan bervariasi. Jadi, kinerja sebuah SFRC akan tergantung dari:

- Jenis serat (L / D ratio, kekuatan tarik dan pelabuhan)
- Dosis serat baja per volume

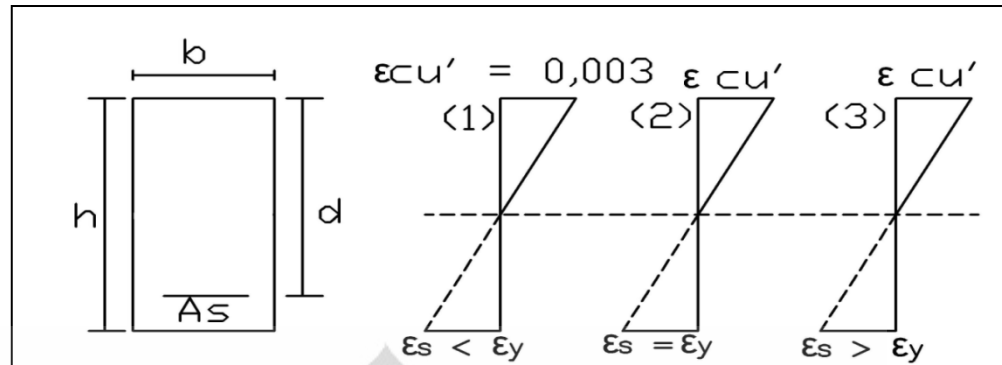
2.3 Analisa Keruntuhan Pelat Satu Arah

2.3.1 Keruntuhan Lentur

Jenis keruntuhan yang terjadi pada pelat satu arah akibat lentur bergantung kepada sifat-sifat penampang pelat satu arah, dapat di bedakan menjadi 3 yaitu :

- a. Keruntuhan tekan
- b. Keruntuhan setimbang
- c. Keruntuhan tarik

Distribusi regangan pada penampang pelat satu arah untuk ketiga jenis keruntuhan dapat di lihat sebagai berikut :



Gambar 2.14 1. keruntuhan lentur terhadap tekan, 2. keruntuhan lentur setimbang, 3. Keruntuhan lentur akibat tarik

2.3.2 Keruntuhan Lentur Akibat Tekan

Pada keadaan keruntuhan lentur akibat tekan terjadi apabila terjadi beton hancur sebelum baja leleh. Hal ini berarti regangan tekan beton sudah melampaui regangan batas 0,003 tetapi regangan tarik baja tulangan belum mencapai leleh seperti terlihat pada gambar regangan. Keruntuhan pelat satu arah seperti ini terjadi pada penampang dengan rasio tulangan (ρ) yang besar, yang disebut *over reinforced*.

Pada pelat satu arah yang mengalami keruntuhan lentur akibat tekan ini, pada saat beton mulai hancur baja tulangan masih kuat (belum meleleh), sehingga lendutan relatif tetap. Tetapi, jika di atasnya diberikan beban yang lebih besar, maka baja tulangan akan meleleh dan dapat terjadi keruntuhan secara mendadak, tanpa ada tanda-tanda/peringatan tentang lendutan yang membesar. Keadaan tersebut sangat membahayakan bagi kepentingan keselamatan jiwa, sehingga perencanaan *over reinforced* tidak diperbolehkan.

2.3.3 Keruntuhan Lentur Setimbang

Pada keruntuhan setimbang ini terjadi berupa keadaan beton hancur dan baja tulangan leleh secara bersamaan. Hal ini berarti regangan tekan beton mencapai regangan batas 0,003 dan regangan tarik baja tulangan mencapai leleh pada saat bersamaan, atau $\epsilon_c' = \epsilon_{cu}'$ dan $\epsilon_s = \epsilon_y$ terjadi pada waktu yang bersamaan.

Karena beton dan baja tulangan mengalami kerusakan pada saat yang bersamaan maka kekuatan beton dan baja dapat dimanfaatkan secara sepenuhnya, sehingga penggunaan material beton dan baja tersebut menjadi lebih hemat.

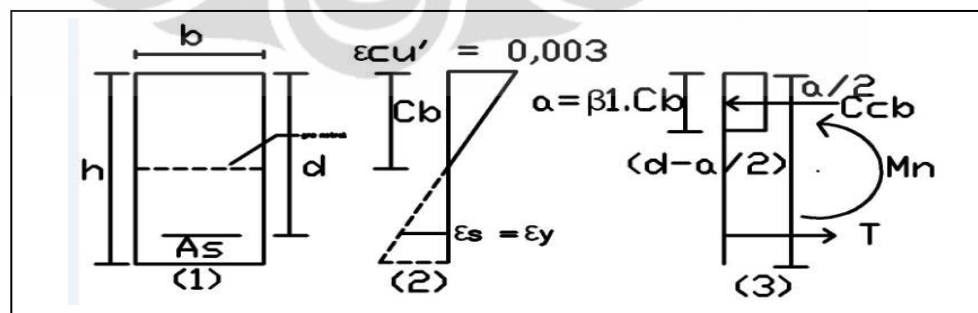
Sistem perencanaan tersebut merupakan sistem perencanaan yang ideal, tetapi sulit tercapai karena di pengaruhi beberapa faktor, sebagai contoh nya : ketidak tepatan mutu bajadengan mutu baja recana, ketidak tepatan mutu beton dalam pelaksanaan pembuatan adukan dengan mutu rencana , maupun kekurang telitian pada perencanaan hitungan akibat adanya pembulatan-pembulatan.

2.3.4 Keruntuhan lentur akibat tarik

Pada keadaan keruntuhan akibat tarik, baja tulangan sudah meleleh terlebih dahulu sebelum beton hancur. Berarti bahwa tegangan tarik baja tulangan sudah mencapai titik leleh tetapi regangan tekan beton belum mencapai regangan batas 0,003. Keruntuhan ini merupakan akibat dari rasio tulangan (ρ) yang kecil atau di sebut *under reinforced*.

Karena kerusakan yang terjadi pada baja yang menahan beban tarik terlebih dahulu hancur maka akan terjadi lendutan pada penampang. Apabila diatas nya di berikan beban yang lebih besar maka mengakibatkan lendutan yang semakin besar dan akhirnya terjadi keruntuhan. Keadaan demikian sangat menguntungkan bagi kepentingan keselamatan karena adanya peringatan terlebih dahulu tentang lendutan membesar sebelum runtuh, sehingga sistem perencanaan ini lebih aman dan di perbolehkan.

2.3.5 Tinjauan Penampang Beton Pada Keruntuhan Setimbang



Gambar 2.15 Diagram distribusi keruntuhan setimbang

Pada gambar diatas menunjukan suatu keadaan setimbang, keadaan setimbang terjadi jika nilai $\epsilon_{cu}' = \epsilon_c' = 0,003$ dan $\epsilon_s = f_y/E_s$. Dari gambar distribusi regangan dapat di tentukan nilai C_b sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Cb/d &= \varepsilon_{cu}' / (\varepsilon_{cu}' + \varepsilon_y) \\ &= 0,003 / (0,003 + f_y/200000) \\ &= 600 / (600 + f_y) \end{aligned}$$

Sehingga di peroleh rumus sebagai berikut:

$$Cb = (600 \cdot d) / (600 + f_y)$$

$$\text{Nilai } a = \beta_1 \cdot Cb$$

Jadi,

$$a = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d}{600 + f_y}$$

Keseimbangan antara gaya tekan beton C dan gaya tarik tulangan T akan di peroleh hitungan sebagai berikut:

$$C = T$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y$$

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y}$$

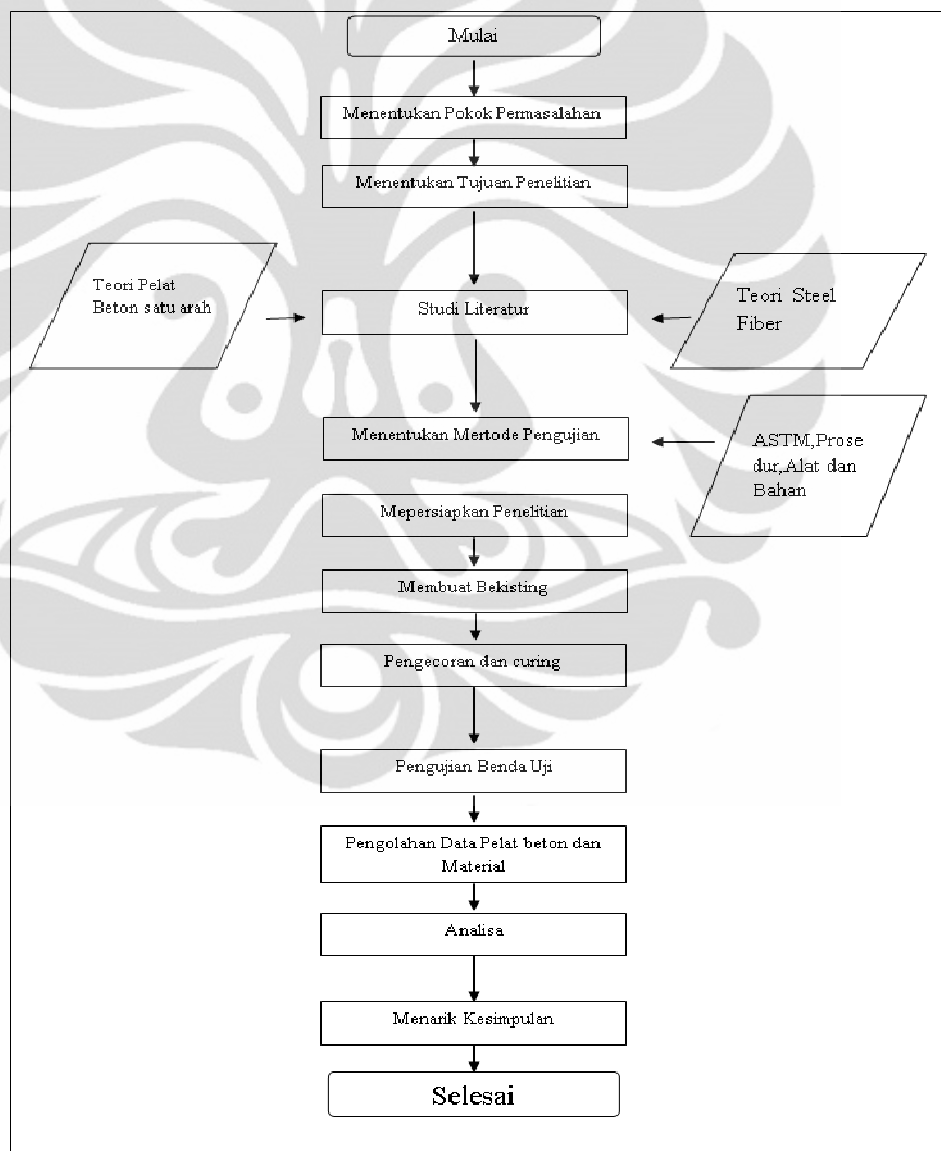
Dengan persamaan diatas dapat dihitung rasio tulangan setimbang nya:

$$\rho_b = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a}{f_y \cdot d}$$

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian metodologi penelitian ini akan dijelaskan tentang rancangan penelitian, perhitungan dimensi benda uji, dan prosedur pengujian yang akan dilakukan.

3.1 Rancangan Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian Pelat satu arah dengan *steel fiber* sebagai *reinforcement*

3.2 Perhitungan Kapasitas Pelat Satu Arah Tulangan Konvensional

Perhitungan kapasitas benda uji didasarkan pada kekuatan penampang pada kondisi keruntuhan yang berbeda. Sebagian dihitung pada kondisi keruntuhan akibat lentur murni dan sebagian lagi dihitung berdasarkan keruntuhan akibat geser.

3.2.1 Spesifikasi Umum

Tebal pelat minimum yang digunakan yaitu :

$$t \geq \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} \geq 90\text{mm} \quad \text{RSNI beton 2004 hal (66)}$$

Dengan,

T : Tebal pelat 1 arah maupun 2 arah minimum, mm

ln : Panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi 2 arah, diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya, mm

β : Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah

Tulangan suhu dan susut (untuk pelat) harus memenuhi syarat $\rho = 0,002$
RSNI beton 2004 hal (48-49)

Tulangan pelat menggunakan : tulangan baja polos $\varnothing 8 \text{ mm}$ (f_y 240MPa)

Batasan spasi antar tulangan : RSNI beton 2004 hal (40)

Minimum : 25 mm atau d_b

Maksimum : 3.t atau 500 mm

Tebal selimut beton minimum : RSNI beton 2004 hal (41)

Beton yang dicor langsung di atas tanah dan 75 mm

selalu berhubungan dengan tanah

Pelat berusuk D-36 dan lebih kecil 20 mm

Pelat dua arah 12 mm

3.2.2 Keruntuhan Akibat Lentur Murni

$$M_n = A_s f_y \cdot \left(d - 0,59 \frac{A_s f_y}{f_c' \cdot b} \right)$$

$$A_s = \frac{1}{4} \pi 7,5^2 = 265,07 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s \text{ bar}}{A_s \text{ beton}} = \frac{265,07}{600 \cdot 150} = 2,9452 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_{min} = 2,5 \cdot 10^{-3} < 2,9452 \cdot 10^{-3} \text{ (OK)}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$d = 150 - 20 - \frac{7,5}{2} = 126,25 \text{ mm}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$M_n = 265,07 \cdot 240 \left(126,25 - 0,59 \frac{265,07 \cdot 240}{30 \cdot 600} \right) = 7.898.966,15 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \frac{M_n}{\phi} = \frac{7.898.966,15}{0,8} = 9.873.707,68 \text{ Nmm}$$

Dengan panjang bentang (L_y) sebesar 1500 mm, maka dengan pembebanan sepertiga bentang, momen *ultimate* tersebut akan tercapai pada pembebanan sebesar:

$$P_u = \frac{9.873.707,68}{500} = 19.747,42 \text{ N}$$

$$P_u = 19,75 \text{ kN} = 1,975 \text{ ton}$$

Dengan demikian, gaya dalam momen tersebut akan tercapai pada pembebanan sebesar 1,975 ton.

3.2.3 Keruntuhan Akibat Geser

$$V_n = V_c + V_s$$

Karena dalam penelitian ini, pelat tidak diperkuat dengan tulangan geser, maka:

$$V_n = V_c$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'} b_w d}{6} = \frac{\sqrt{30} 600 126.25}{6} = 69.149,97 \text{ N}$$

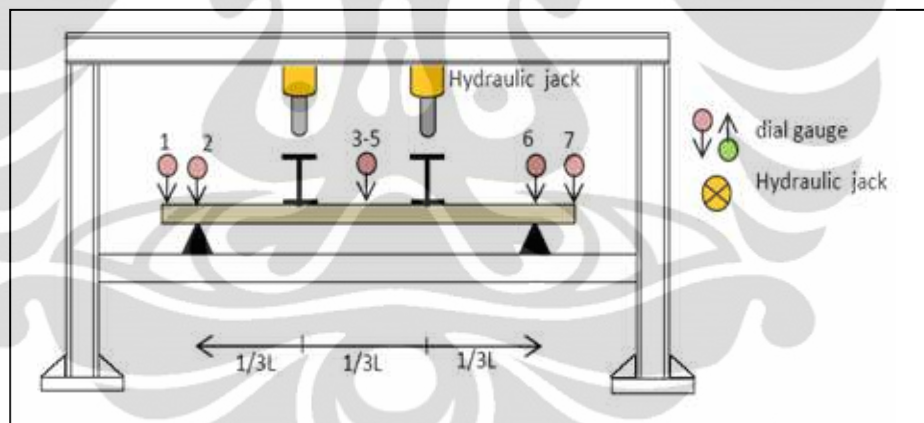
$$\Phi V_c = 0.75 69.149,97 = 51.862,48 \text{ N}$$

Gaya dalam geser ultimate tersebut akan tercapai pada pembebanan sebesar 5,186 ton.

3.3 Prosedur Pengujian Pelat

3.3.1 Posisi Peralatan Pemberi Beban

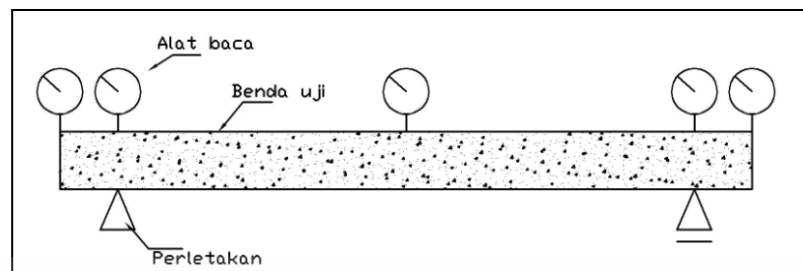
Penggunaan *hydraulic jack* sebagai alat pemberi beban pada benda uji mengharuskan penggunaan *frame* dudukan *hydraulic jack* tersebut. Karena itu maka perlu dilakukannya penyesuaian pada *frame* dudukan *hydraulic jack* sehingga benda uji yang akan diuji dapat dilakukan pengujian nya.



Gambar 3.2 Potongan memanjang dari *frame hydraulic jack*

3.3.2 Posisi Peralatan Pengukuran Lendutan

Salah satu parameter yang diukur dalam eksperimen adalah lendutan, maka dari itu perlu di rencanakan letak dari alat-alat ukur sehingga dapat membaca lendutan yang terjadi di titik-titik lokasi yang di inginkan pada benda uji.



Gambar 3.3 Posisi perletakan pengukuran lendutan

Untuk keperluan perbandingan maka diperlukan 7 buah alat baca, kegunaannya sebagai berikut:

- a. 2 buah di ujung benda uji, berguna untuk mengukur lendutan yang terjadi. Lendutan yang terjadi berupa kearah atas, akibat dari pembebanan yang di lakukan di tengah bentang.
- b. 3 buah di tengah bentang benda uji, untuk mengukur lendutan maksimum yang terjadi akibat pembeban.
- c. 2 buah di perletakan, untuk mengukur lendutan di titik tersebut.

3.4 Prosedur Pengujian Material

3.4.1 Pengujian Kuat Tekan

Untuk kuat tekan beton pengujian akan dilakukan sesuai dengan prosedur ASTM C 29/C 39 M-04, Sampel akan di buat dengan silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

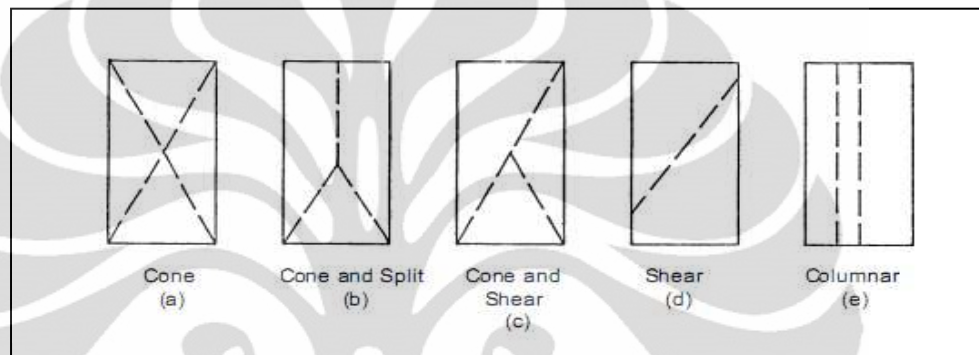
Dalam hal ini akan dibuat berupa :

- a. Beton dengan mutu beton $f_c' = 35$ ukuran 15 cm dan tinggi 30 cm.
- b. Beton dengan mutu beton $f_c' = 35$ dengan penambahan serat baja ukuran 15 cm dan tinggi 30 cm

Prosedur pengujian :

- a. Persiapan pengujian
 - Benda uji yang akan dilakukan pengujian kekuatannya diambil dari bak perendam satu hari sebelum pengujian kekuatannya, di tempatkan pada tempat yang kering
 - Berat dan Ukuran benda uji di catat
 - Permukaan pada benda uji dilapisi (capping) dengan mortar

- Benda uji siap untuk diperiksa
- b. Prosedur pengujian tekan
 - Benda uji di letakan pada mesin tekan secara simetris
 - Mesin di jalankan, tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisaran antara 2 sampai 4 Kg/cm³ per detik
 - Pembebanan di lakukan sampai benda uji menjadi hancur dan beban maksimum benda uji dicatat
 - Amati bentuk keruntuhan serta catat keadaan benda uji



Gambar 3.4 Model Keruntuhan

3.4.2 Prosedur Pengujian Kuat Lentur

Untuk pengujian kuat lentur beton pengujian akan di lakukan sesuai dengan prosedur ASTM C 78-02, Sample akan di buat dengan bentuk balok berukuran 15 x 15 x 60 cm³

Jumlah sample yang akan dibuat yaitu:

- a. Beton dengan $f_c' = 35$ bentuk balok berukuran 15 x 15 x 60 cm³
- b. Beton dengan $f_c' = 35$ dengan penambahan serat baja bentuk balok berukuran 15 x 15 x 60 cm³

Prosedur pengujian kuat lentur :

- Siapkan peralatan uji lentur
- Masukkan sample yang akan di bebani
- Atur posisi sample sehingga sample berada tepat di tengah-tengah alat uji
- Bebani sample beton sampai sampale beton terbelah akibat beban lentur dan catat beban maksimum

Perhitungan nilai MOR (modulus of repture) tergantung dari lokasi patahan yang terjadi pada balok.

- a. Bila patahan terjadi di 1/3 bagian tengah bentang dari balok tidak lebih 5 % dari panjang balok, maka perhitungannya adalah :

$$R = \frac{(P.l)}{b.d^2}$$

Dimana : R = Modulus keruntuhan (MPa)

p = beban maksimum pada balok (N)

l = Bentang / panjang balok (m)

b = Lebar balok (m)

d = Tinggi balok (m)

- b. Bila patahan terjadi di 1/3 bagian bentang dari balok, maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{3.p.a}{b.d^2}$$

Dimana : R = Modulus keruntuhan (MPa)

p = beban maksimum pada balok (N)

a = jarak dari perletakan (m)

b = Lebar balok (m)

d = Tinggi balok (m)

- c. Bila patahan terjadi di 1/3 bagian bentang dari balok dengan jarak lebih dari 5 % dari panjang bentang, maka hasil ini harus di anulir.

3.4.3 Pengujian Kuat Tarik Belah

Untuk pengujian kuat tarik belah pada beton akan mengacu pada ASTM C 496M-04, sample akan di buat dengan bentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Untuk pengujian kuat tarik belah ini akan di buat sample sebanyak :

- Beton $f_c'=35$ bentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
- Beton $f_c'=35$ dengan penambahan serat baja bentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm

Prosedur pengujian kuat tarik belah :

- Persiapkan peralatan untuk uji tarik belah, alat yang digunakan sama dengan uji tekan
- Atur alat uji sedemikian sehingga ukurannya mencukupi untuk diletakan sample
- Timbang berat sample uji
- Sampel beton yang akan di uji, di beri tanda garis menyilang pada bagian atas dan bawahnya, kemudian dihubungkan dengan garis melintang disisinya
- Posisi sampel beton pada alat yang udah tersedia
- Bebani sample beton sampai terbelah dan catat beban maksimumnya

Perhitungan nilai splitting strength di dapat dengan persamaan :

$$T = \frac{2 \cdot p}{\pi \cdot l \cdot d}$$

Dimana : T = Kuat tarik belah (MPa)

p = Beban maksimum (N)

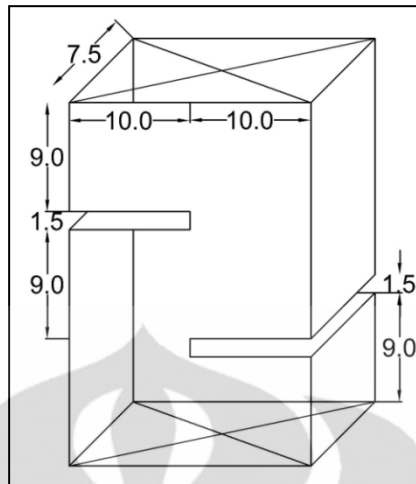
l = Panjang (m)

d = Diameter (m)

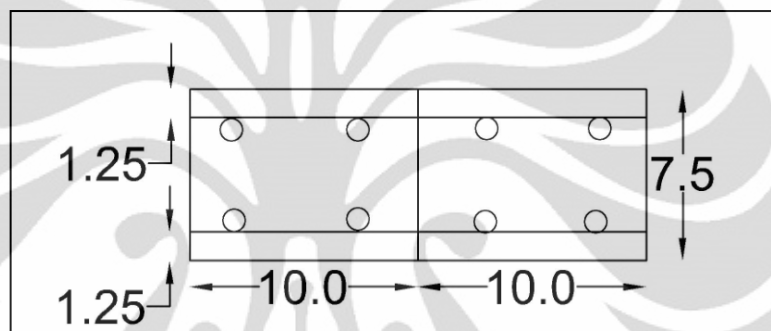
3.4.4 Pengujian Kuat Geser

Benda uji yang digunakan berupa sampel double yang di beri reinforcement. Tulangan ini dimaksudkan untuk memperkuat sisi sampel double L yang tidak diharapkan hancur. Dengan demikian dapat di pastikan kehancuran akan terjadi pada bagian lemah pada garis tengah sampel.

Pengujian dilakukan dengan benda uji $20 \times 30 \times 7.5 \text{ cm}^3$ pada umur 28 hari. Peralatan yang di butuhkan adalah timbangan dan mesin uji tekan.



Gambar 3.5 Dimensi benda uji untuk pengujian geser



Gambar 3.6 Detail penulangan benda uji geser

Prosedur uji kuat geser :

- Benda uji beton double-L yang akan di uji sesuai dengan umur perawatan di ambil dari tempat satu hari sebelumnya.
- Masing-masing benda uji di timbang beratnya
- Benda uji di letakan pada mesin uji geser beton secara simetris.
- Mesin di jalankan
- Di lakukan pembebanan sampai bidang geser benda uji hancur dan beban maksimum tercapai.

Perhitungan kuat geser :

$$v = \frac{V}{A} = \frac{V}{b \times h}$$

Dimana :

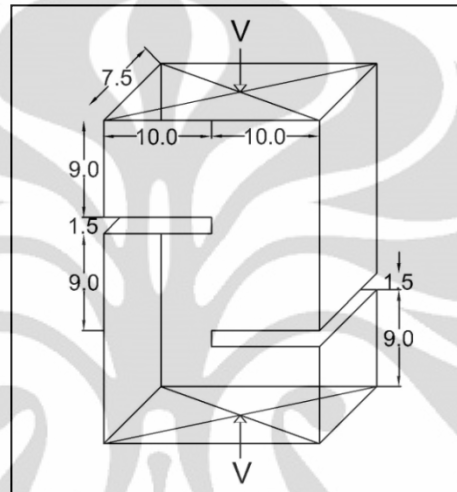
v = tegangan geser benda uji

V = Gaya maksimum

A = Luas bidang geser benda uji

b = Lebar bidang geser benda uji (7,5 cm)

h = Tinggi bidang geser benda uji (9 cm)



Gambar 3.7 Detail pemberian beban benda uji

3.5 Prosedur Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan dalam dua gelombang, yaitu gelombang pertama pada tanggal 6 Februari 2011 dan gelombang kedua pada tanggal 13 Maret 2011. Pembuatan benda uji ini menggunakan Self-Compacting Concrete (SCC) dengan tujuan agar menghindarkan benda uji yang keropos. Selain itu campuran beton *ready-mix* yang digunakan ditambahkan *superplasticizer* dan *retarder*. *Superplasticizer* digunakan untuk meningkatkan nilai slump agar beton lebih cair tanpa memperbesar nilai rasio air semen nya. *Retarder* digunakan untuk memperlambat setting time dari beton agar pengecoran dapat berjalan dengan lebih teliti.

Berikut ini adalah metode pembuatan benda uji pelat :

1. Bekisting dipersiapkan dengan memasang plastik cor agar air semen tidak merembes keluar.

2. Tulangan dan beton decking dirakit menjadi satu.
3. Pengecoran dilakukan dengan menuangkan beton ke dalam bekisting sambil menusuk-nusuk beton agar lebih padat.
4. Benda uji dikeringkan dan di-*curing* selama 28 hari.



Gambar 3.8 Alur Pembuatan Benda Uji

3.5.1 Pembuatan Beskisting

- Mempersiapkan design besar ukuran bekisting yang di gunakan
- Melakukan pengecekan kekuatan bekisting yang akan di bebani dalam pengecoran
- Melakukan pembuatan bekisting di Laboratorium Material dan Bahan Departemen Teknik Sipil UI

3.5.2 Pengecoran Dan Curing Pelat Satu Arah

- Menyiapkan bekisting yang telah jadi
- Mengoleskan oli ke bekisting agar tidak melekatnya beton yang di cor dengan bekisting

- Melakukan pengecoran di Laboratorium Material dan Bahan Departemen Teknik Sipil UI
- Memasang terpal di bagian atas pelat yang telah di cor, agar mengurangiresiko akibat cuaca dan lain yang tidak di inginkan.
- Selama masa curing 28 hari di bagian atas pelat yang telah di cor diberikankain yang di basahi dan perendaman buat sample uji material.

3.6 Data yang Diambil

Data yang diambil untuk eksperimen ini adalah :

- a. Pengujian beban titik pada pelat
 - Grafik besar lendutan dengan beban dan momen terhadap rotasi yang di berikan pada pelat
 - Peningkatan kekuatan pelat dengan serat baja di bandingkan dengan tulang konvensional
 - Persentase optimum serat baja dalam ukuran pelat yang sama
- b. Pengujian kuat tekan
 - Model retakan yang di timbulkan oleh beton dengan campuran serat baja
 - Besar beban ultimate yang dapat di tahan oleh beton hingga hancur
 - Besar peningkatan beban ultimate yang dihasilkan beton dengan campuran serat baja di bandingkan dengan beton konvensional
 - Pembuktian hipotesa penyerapan energi oleh serat baja
- c. Pengujian kuat lentur (MOR)
 - Besar Modulus Of Repture (R) dari beton dengan campuran serat baja dan beton konvensional
 - Besar peningkatan nilai Modulus Of Repture beton dengan campuran serat baja di bandingkan dengan beton konvensional
- d. Kekuatan tarik belah
 - Besar nilai kuat tarik belah pada beton dengan campuran sserat baja dan beton konvensional
 - Besar peningkatan nilai kuat tarikbelah beton dengan campuran serat baja di bandingkan dengan beton konvensional
 - Pembuktian hipotesa penyerapan energi oleh serat baja

e. Pengujian Geser

- Tegangan geser beton dengan campuran serat baja dan beton konvensional
- Besar peningkatan nilai geser beton dengan campuran serat baja dibandingkan dengan beton konvensional



BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA

4.1 Studi Eksperimental

4.1.1 Pendahuluan

Eksperimen ini dilakukan menggunakan benda uji yang berbentuk pelat satu arah, yang bertujuan untuk membandingkan kekuatan *flexural* pelat beton satu arah penulangan baja (penulangankonvensional) dengan pelat beton satu arah dengan *steel fiber* sebagai *reinforcement*. Terdapat 8 benda uji yang telah dibuat melalui 2 kali pengecoran dengan 4 jenis variasi serta beberapa benda uji untuk pengujian material. Pembuatan sampel tersebut sendiri dilaksanakan di lapangan parkir Gedung Engineering Center, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Sementara itu, pengujian sampel beton dan pelat dilaksanakan pada tanggal 6 Maret 2011, serta antara tanggal 12 April 2011 hingga 13 Mei 2011 di Laboratorium Struktural dan Material, Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Oleh karena itu, dibutuhkan nya suatu pengkodean untuk memberikan perbedaan pada setiap sampel, yakni sebagai berikut:

- Pelat Benchmark (BM-1-A) : pelat dengan penulangan konvensional yang dilaksanakan pada pengecoran tahap pertama.
- Pelat Benchmark (BM-1-B) : pelat dengan penulangan konvensional yang dilaksanakan pada pengecoran tahap pertama.
- Pelat (SF 0,19-1-A) : pelat dengan dengan penulangan *steel fiber*, dengan komposisi volume fraksi *steel fiber* sebanyak 0,19%, dilaksanakan pada pengecoran tahap pertama.
- Pelat (SF 0,19-1-B) : pelat dengan dengan penulangan *steel fiber*, dengan komposisi volume fraksi *steel fiber* sebanyak 0,19%, dilaksanakan pada pengecoran tahap pertama.
- Pelat (SF 0,32-1-A) : pelat dengan dengan penulangan *steel fiber*, dengan komposisi volume fraksi *steel fiber* sebanyak 0,32 %, dilaksanakan pada pengecoran tahap pertama.

- Pelat (SF 0,32-1-B) : pelat dengan dengan penulangan *steel fiber*, dengan komposisi volume fraksi *steel fiber* sebanyak 0,32%, dilaksanakan pada pengecoran tahap pertama.
- Pelat (SF 0,51-2-A) : pelat dengan dengan penulangan *steel fiber*, dengan komposisi volume fraksi *steel fiber* sebanyak 0,51%, dilaksanakan pada pengecoran tahap kedua.
- Pelat (SF 0,51-2-B) : pelat dengan dengan penulangan *steel fiber*, dengan komposisi volume fraksi *steel fiber* sebanyak 0,51%, dilaksanakan pada pengecoran tahap kedua.

4.1.2 Hasil Pengujian

- a. Beban maksimum pada setiap pelat

Tabel 4.1 Beban Maksimum Pada Pelat

NO	JENIS PELAT	BEBAN MAKSIMUM (N)
1	Pelat Benchmark (BM-1-A)	25088
2	Pelat Benchmark (BM-1-B)	26588
3	Pelat (SF 0,19-1-A)	17248
4	Pelat (SF 0,19-1-B)	14308
5	Pelat (SF 0,32-1-A)	18228
6	Pelat (SF 0,32-1-B)	16268
7	Pelat (SF 0,51-2-A)	16268
8	Pelat (SF 0,51-2-B)	23128

- b. Lendutan

Data lendutan pada pelat di dapatkan dari pembacaan dial gauge yang telah di posisikan. Dial gauge yang digunakan sebanyak 7 buah yang dimaksudkan untuk mendapatkan data defleksi akibat pembebanan yang dilakukan.

- c. Pola retak

Pengamatan pada pola retak dilakukan untuk menganalisa jenis keruntuhan yang terjadi pada sampel pelat yang di uji. Pengamatan dilakukan dengan membuat plot keretakan yang terjadi pada sisi kiri-kanan pelat satu arah yang telah di cat bewarna putih dan diberi garis-garis yang berjarak 5 cm yang

berguna mengetahui jarak dan posisi letak retakan yang terjadi. Pola retakan di amati pada setiap penambahan beban hingga beban maksimum.

4.2 Data Hasil Penelitian

4.2.1 Data Pengujian Material

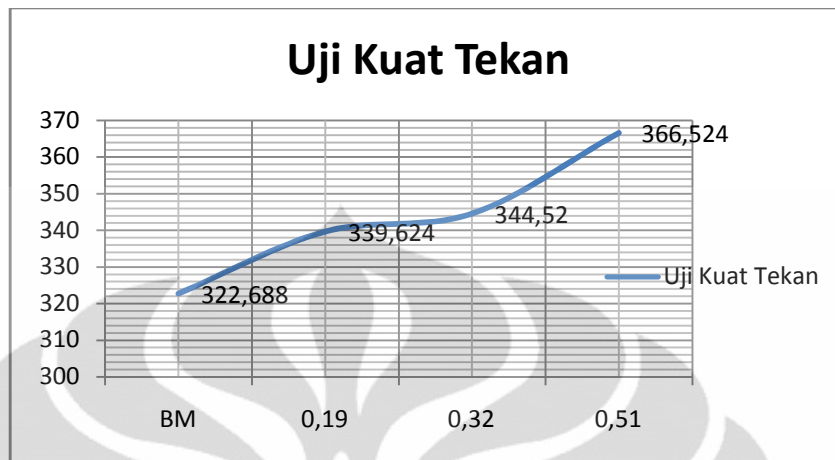
4.2.1.1 Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dalam penelitian ini menggunakan benda uji silinder 10 x 20 cm. Standar yang digunakan adalah ASTM C39 . Kuat tekan yang ditinjau ialah pengujian pada persentase penambahan volume fraksi *steel fiber* sebanyak 0,19%,0,32%,0,51%. Hasilnya seperti ditampilkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.2 Hasil pengujian kuat tekan

UJI KUAT TEKAN				
Sampel	HASIL PENGUJIAN	Pola Retak	K-Strength	RATA-RATA
				UJI KUAT TEIKAN (Mpa)
BM 1	50	C	341,11	322,688
BM 2	54,5	C	371,8	
BM 3	41,5	C	283,12	
BM 4	45	C	307	
BM 5	45,5	C	310,41	
0,19-1	54,5	B	371,8	339,624
0,19-2	52	C	354,15	
0,19-3	45,5	C	310,41	
0,19-4	52	C	354,76	
0,19-5	45	C	307	
0,32-1	49,5	C	337,7	344,522
0,32-2	52,5	C	358,17	
0,32-3	51	C	347,93	
0,32-4	49,5	C	337,7	
0,32-5	50	C	341,11	
0,51-1	52,83	B	350,07	366,524
0,51-2	56,79	B	379,33	
0,51-3	56,18	B	370,18	

Dari tabel diatas nilai rata-rata dapat ditampilkan dalam bentuk grafik hasil pengujian kuat tekan berikut ini.



Gambar 4.1 Grafik hasil uji tekan

Dari grafik dapat kita lihat bahwa dengan adanya penambahan persentase *steel fiber* dapat meningkatkan nilai kuat tekan. Terbukti dengan beton yang memiliki campuran *steel fiber* memiliki nilai kuat tekan lebih besar di bandingkan dengan beton tanpa campuran *steel fiber*. Peningkatan jumlah campuran *steel fiber* juga berpengaruh terhadap nilai kuat tekan, dapat kita lihat dengan nilai rata-rata variasi volume fraksi 0,51 lebih besar 13,5 % dibandingkan dengan beton tanpa campuran *steel fiber*, untuk variasi volume fraksi 0,32 memiliki kenaikan 6,7 % dan variasi 0,19 % memiliki kenaikan 5,2 % dari beton tanpa campuran *steel fiber*. Nilai rata-rata untuk masing-masing variasi sebagai berikut secara berurutan dari 0,19% dan 0,32% dan 0,51% adalah 339,624; 344,522; dan 366,524



Gambar 4.2 Gambar uji tekan

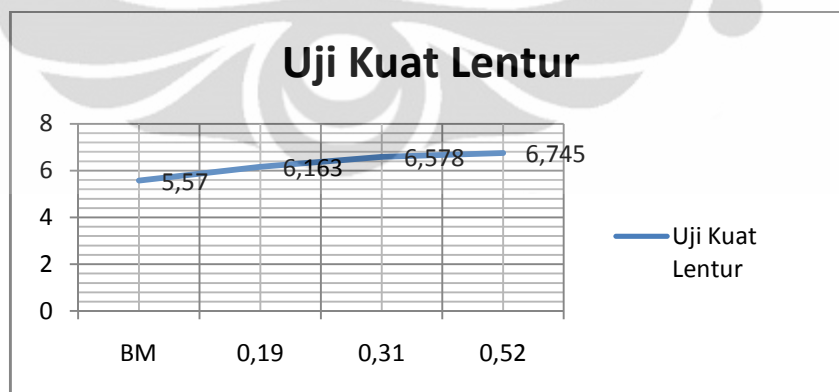
4.2.1.2 Pengujian Kuat Lentur

Untuk pengujian kuat lentur beton pengujian akan di lakukan sesuai dengan prosedur ASTM C 78-02, Sample akan di buat dengan bentuk balok berukuran $15 \times 15 \times 60 \text{ cm}^3$. Hasilnya seperti di tampilkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur

UJI KUAT LENTUR			
SAMPEL	HASIL PENGUJIAN	MOR	RATA-RATA
			UJI KUAT LENTUR
BM 1	25	5,156	5,570
BM 2	30	6,044	
BM 3	27	5,511	
0,19-1	30	6,044	6,163
0,19-2	35	6,933	
0,19-3	27	5,511	
0,32-1	34	6,756	6,578
0,32-2	33	6,578	
0,32-3	32	6,400	
0,51-1	35	6,788	6,745
0,51-2	36	7,360	
0,51-3	32	6,086	

Dari tabel diatas nilai rata-rata dapat ditampilkan dalam bentuk grafik hasil pengujian kuat lentur beton berikut ini.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Uji Kuat Lentur

Dari hasil pengujian kuat lentur tampak bahwa dengan penambahan *steel fiber* memiliki kuat lentur yang lebih tinggi. Di samping itu, tampak bahwa

kekuatan lentur dengan tanpa penambahan *steel fiber* tidak berbeda secara signifikan di bandingkan dengan beton penambahan *steel fiber*.



Gambar 4.4 Gambar uji kuat Lenutr

4.2.1.3 Pengujian Kuat Tarik Belah

Untuk pengujian kuat tarik belah pada beton akan mengacu pada ASTM C 496M-04, sample akan di buat dengan bentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

KUAT TARIK BELAH			
SAMPEL	HASIL PENGUJIAN	KUAT TARIK	RATA-RATA KUAT TARIK BELAH
		BELAH (MPa)	
BM 1	25	3,470	3,157
BM 2	24,5	3,400	
BM 3	17	2,359	
BM 4	20,5	2,845	
BM 5	21	2,914	
0,19-1	23	3,192	3,071
0,19-2	22	3,053	
0,19-3	16,5	2,290	
0,19-4	21,5	2,984	
0,19-5	22	3,053	
0,32-1	24	3,331	3,071
0,32-2	20	2,776	
0,32-3	17,5	2,429	
0,32-4	24,5	3,400	
0,32-5	20	2,776	
0,51-1	25	3,470	3,643
0,51-2	27,5	3,817	

Dari hasil pengujian, tampak adanya rentang data yang cukup jauh pada sejumlah jenis beton. Untuk itu, nilai rata-rata mutu beton yang dihitung dari nilai-nilai hasil pengujian yang relatif berdekatan. Untuk sampel beton normal tanpa campuran *steel fiber*, nilai hasil pengujian BM 3 berjauhan dengan nilai hasil pengujian lainnya. Oleh karena itu, nilai hasil pengujian BM 3 diabaikan dalam perhitungan rata-rata R. Sampel lainnya untuk uji kuat tarik yang diabaikan adalah sampel dengan variasi volume fraksi 0,19-3 dan 0,32-3.

Dari hasil Kuat tarik beton tersebut tampak bahwa mutu kuat tarik beton normal tanpa campuran *steel fiber* lebih tinggi di bandingkan dengan variasi beton volume fraksi 0,19 % dan 0,32 %, melainkan beton dengan variasi volume fraksi 0,51% lebih tinggi di bandingkan dengan beton yang lainnya. Dengan keterbatasan jumlah sampel maka, tidak dapat dikatakan bahwa penambahan *steel fiber* berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tarik beton usia 28 hari.



Gambar 4.5 Gambar uji tarik Belah

4.2.1.4 Pengujian Kuat Geser

Benda uji yang digunakan berupa sampel double yang di beri *reinforcement*. Tulangan ini dimaksudkan untuk memperkuat sisi sampel double L yang tidak diharapkan hancur. Dengan demikian dapat di pastikan kehancuran akan terjadi pada bagian lemah pada garis tengah sampel. Pengujian dilakukan dengan benda uji $20 \times 30 \times 7.5 \text{ cm}^3$ pada umur 28 hari.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Geser

KUATGESER			
SAMPSEL	HASIL PENGUJIAN	KUAT GESER	RATA-RATA
		(MPa)	KUAT TARIK GESER
B1	3,23	4,694	4,930
B2	3,06	4,447	
B3	1,45	2,107	
B4	3,17	4,607	
B5	4,11	5,973	
0,19-1	3,7	5,377	5,563
0,19-2	3,66	5,319	
0,19-3	2,2	3,197	
0,19-4	3,81	5,537	
0,19-5	4,14	6,017	
0,32-1	3,81	5,537	6,366
0,32-2	4,22	6,133	
0,32-3	5,12	7,441	
0,32-4	6,57	9,548	
0,32-5	4,37	6,351	

Dari hasil pengujian, tampak adanya rentang data yang cukup jauh pada sejumlah jenis beton. Untuk itu, nilai rata-rata mutu beton yang dihitung dari nilai-nilai hasil pengujian yang relatif berdekatan. Untuk sampel beton normal tanpa campuran *steel fiber*, nilai hasil pengujian BM 3 berjauhan dengan nilai hasil pengujian lainnya. Oleh karena itu, nilai hasil pengujian BM 3 diabaikan dalam perhitungan rata-rata. Sampel lainnya untuk uji kuat tarik yang diabaikan adalah sampel dengan variasi volume fraksi 0,19-3 dan 0,32-4.

Untuk hasil kuat geser terlihat bahwa adanya peningkatan kuat geser dari penambahan volume fraksi *steel fiber*. Dari sebaran data hasil pengujian geser tersebut memiliki standar deviasi data yang tinggi yaitu sebesar 1,715 yang mengartikan bahwa tingkat kepercayaan pada data pengujian geser ini rendah.

4.2.2 Pengujian Pelat

Setelah melakukan eksperimen didapatkan hasil eksperimen yang akan dipaparkan dalam bentuk grafik hubungan beban (P) dengan lendutan (δ), dan momen gaya (M) dengan putaran sudut (θ). Nilai lendutan yang ditunjukkan dalam grafik hubungan beban-lendutan merupakan nilai lendutan yang terjadi di tengah bentang. Sementara itu, nilai putaran sudut yang digunakan dalam grafik hubungan momen-putaran sudut merupakan putaran sudut yang terjadi di perletakan.

Grafik hubungan beban-lendutan diperoleh dari hasil pembacaan dial di tengah bentang. Dalam eksperimen ini, terdapat tiga buah dial di tengah bentang. Oleh karena itu, akan terdapat tiga grafik beban-lendutan untuk setiap sampel pelat. Sementara itu, grafik hubungan momen gaya-putaran sudut diperoleh dari nilai lendutan pada kedua titik ujung pelat yang dibagi dengan jarak dari tepi pelat ke perletakan. Hal ini dilakukan dengan mengasumsikan bahwa sudut yang terjadi akibat lendutan sangat kecil, sehingga $\theta = \tan \theta$, dengan θ dalam radian. Nilai putaran sudut yang diperoleh tersebut merupakan nilai putaran sudut yang terjadi di perletakan.

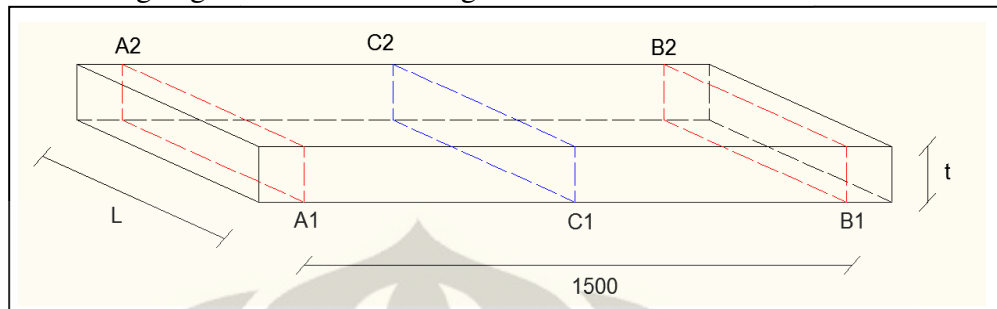
a. Pelat Benchmark (BM-1-A)

Pelat benchmark (BM-1-A) merupakan sampel pertama dari yang di uji kekuatannya. Sebelum pengujian dimulai, terlebih dahulu dilakukan pengukuran terhadap dimensi pelat untuk mendapatkan data aktual dari sampel yang akan dites.. Data-data tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.6 Data Umum Pelat Benchmark (BM-1-A)

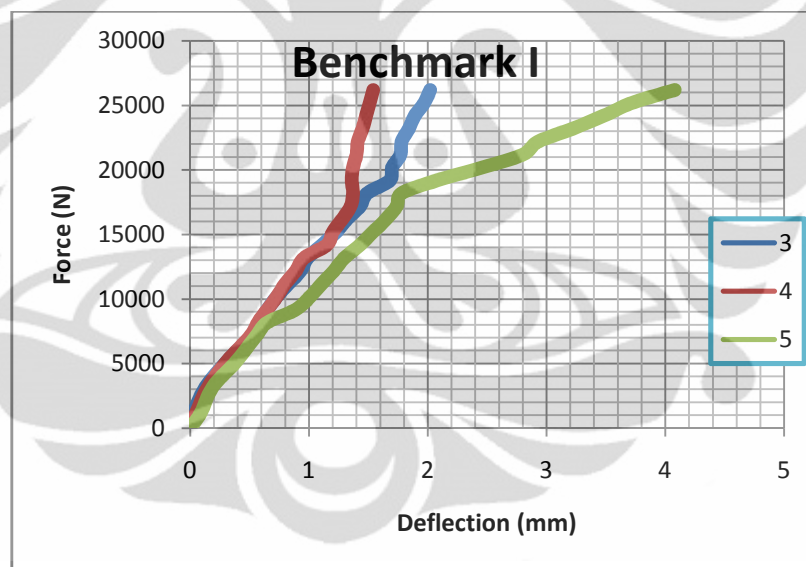
Panjang (cm)		Lebar (cm)		Tebal (mm)					
1	2	A	B	A1	B1	C1	A2	B2	C2
175	175	59,8	59,8	149	152,5	158,1	154,6	151,9	158,3

Dengan gambar dimensi sebagai berikut:



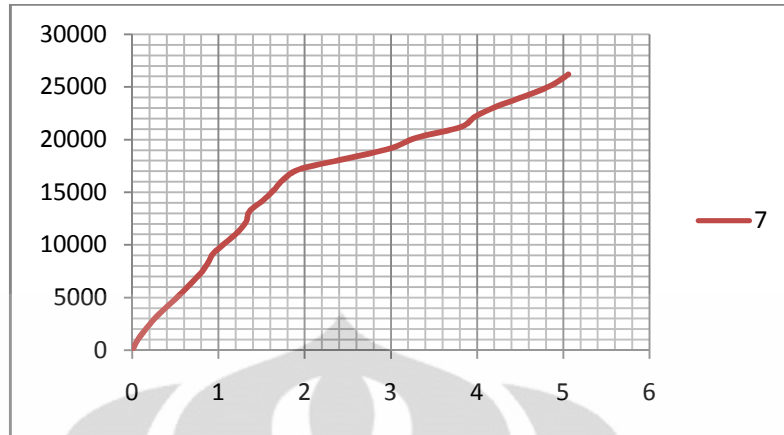
Gambar 4.6 Gambar Penampang Pelat

Berikut ini adalah grafik hasil pengolahan data untuk momen-rotasi pada *dial* 1 dan *dial* 7, beban-lendutan pada *dial* 3, *dial* 4, dan *dial* 5, serta grafik rata-rata momen-rotasi dan beban-lendutan untuk pelat benchmark (BM-1-A).



Gambar 4.7 Grafik lendutan 3,4,5 Benchmark (BM-1-A)

Untuk *dial* 1 dan 7 menunjukkan hubungan momen-rotasi. Perhitungan momen untuk setiap nilai bebannya dilakukan dengan menggunakan analisis struktur tertentu. Nilai lendutan diperoleh dengan memperhitungkan posisi titik *dial* yang berada 12,5 cm jauhnya dari titik perletakan. Berikut adalah grafik momen-rotasi dari *dial* 1 dan 7.



Gambar 4.8 Grafik momen-rotasi Benchmark (BM-1-A)

Karena terjadi kesalahan pembacaan *dial* 1, sehingga validitas dari momen rotasi pada *dial* 1 dan pelat BM I ini diragukan. Sehingga untuk analisis selanjutnya grafik momen rotasi pelat BM I ini hanya akan digunakan *dial* 7 sebagai pembanding.

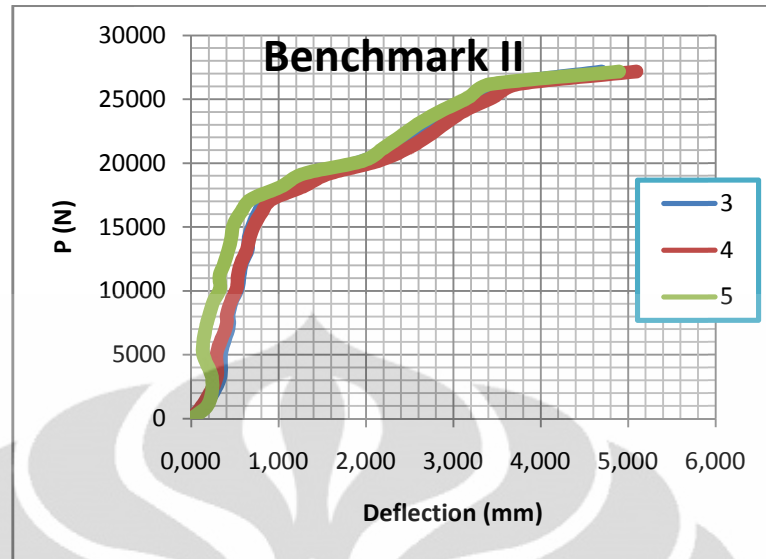
b. Pelat Benchmark (BM-1-B)

Berikut Data-data umum dari pelat benchmark (BM-1-B), dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.7 Data Umum Pelat Benchmark (BM-1-B)

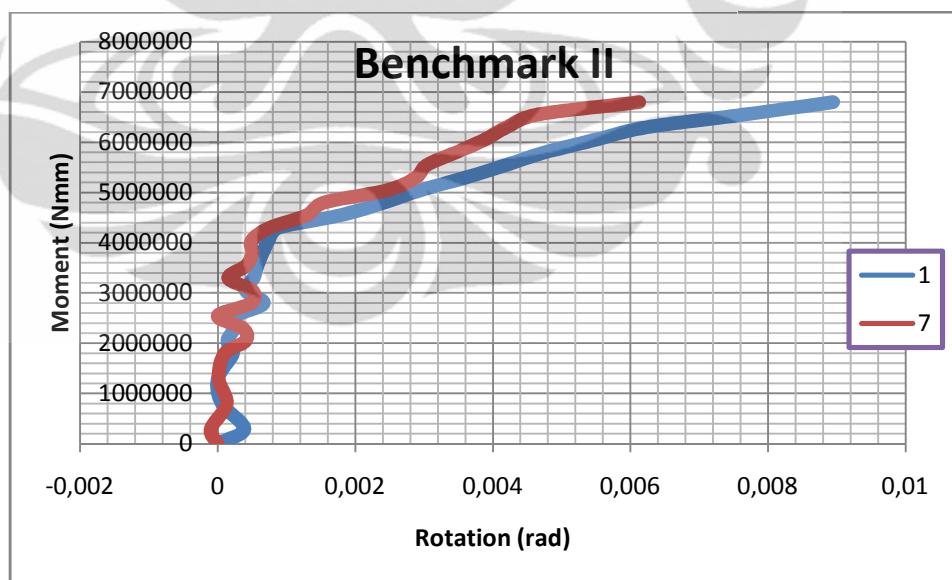
Panjang (cm)		Lebar (cm)		Tebal (mm)					
1	2	A	B	A1	B1	C1	A2	B2	C2
175	175	59,8	59,8	149	152,5	158,1	154,6	151,9	158,3

Berikut ini adalah grafik hasil pengolahan data untuk momen-rotasi pada *dial* 1 dan *dial* 7, beban-lendutan pada *dial* 3, *dial* 4, dan *dial* 5, serta grafik rata-rata momen-rotasi dan beban-lendutan untuk pelat benchmark (BM-1-B).



Gambar 4.9 Grafik Penurunan Dial 3,4,5 Pelat Benchmark (BM-1-B)

Untuk dial 1 dan 7 menunjukkan hubungan momen-rotasi. Perhitungan momen untuk setiap nilai bebannya dilakukan dengan menggunakan analisis struktur tertentu. Nilai lendutan diperoleh dengan memperhitungkan posisi titik dial yang berada 12,5 cm jauhnya dari titik perletakan. Berikut adalah grafik momen-rotasi dari dial 1 dan 7.



Gambar 4.10 Grafik Momen-Rotasi Pelat Benchmark (BM-1-B)

Dari kedua grafik di atas, dapat dikatakan bahwa data yang diperoleh dari dial 1, 7, 3, 4, dan 5 pada sampel ini cukup baik karena kurva dari dial 3,4, dan 5

saling berhimpit, begitu juga untuk kurva dari dial 1 dan 7 yang cukup berdekatan. Dari data yang ada, diketahui bahwa untuk sampel ini, retak pertama terjadi pada saat beban 26,566 kN. Pada kedua grafik di atas, awal mulanya terjadi retak ditunjukkan oleh garis kurva linier yang mulai berbelok.

Dari grafik momen-rotasi, dapat dilihat bahwa kedua kurva mulai bergerak mendatar ketika momen yang terjadi lebih besar dari 4459 Nm. Hal ini menunjukkan bahwa tulangan tarik pada pelat mulai mengalami proses *yielding* ketika momen yang terjadi lebih besar dari nilai tersebut. Proses *yielding* ini berlangsung hingga tulangan putus, namun pengujian yang dilakukan berhenti ketika beban yang dapat diterima sampel sudah mencapai nilai maksimal. Oleh karena itu, kurva pada semua grafik di atas berhenti di beban 26656 N. Pada beban maksimal ini, lendutan maksimal yang terjadi sebesar 5,095 mm. Sedangkan rotasi yang terjadi berturut-turut adalah 0,007537rad.

c. Pelat (SF 0,19-1-A)

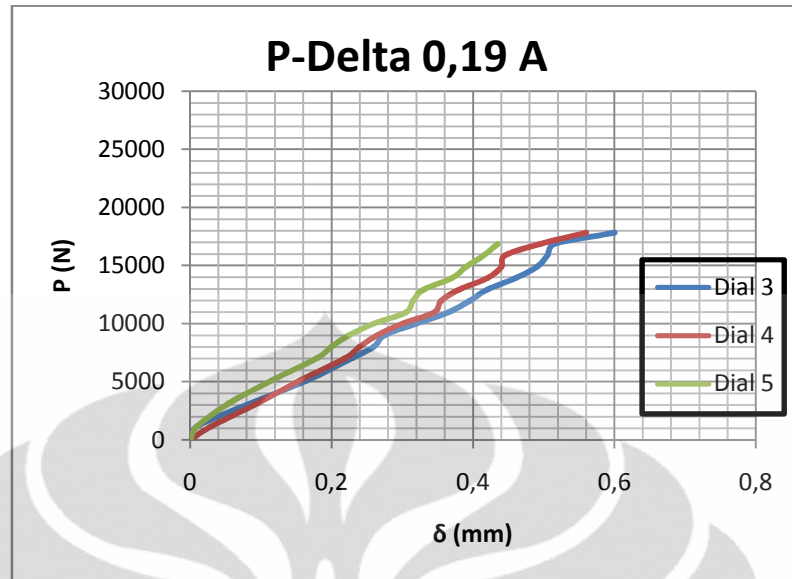
Pelat (SF 0,19-1-A) merupakan sampel pertama dari penambahan variasi volume fraksi 0,19 %. Data-data umum untuk sampel ini dapat dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 4.8 Data Umum Pelat (SF 0,19-1-A)

Panjang		Lebar (cm)		Tebal					
1	2	A	B	A1	B1	C1	A2	B2	C2
175	175	60	60	152,5	154,2	155,25	156,5	150,85	153,5

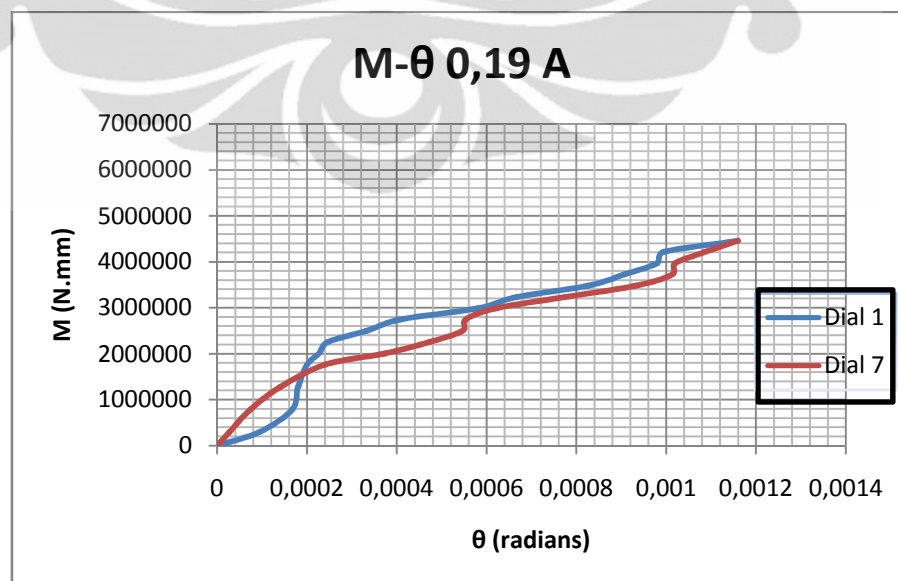
Berikut ini adalah grafik hasil pengolahan data untuk momen-rotasi pada *dial* 1 dan *dial* 7, beban-lendutan pada *dial* 3, *dial* 4, dan *dial* 5, serta grafik rata-rata momen-rotasi dan beban-lendutan untuk pelat (0,19-1-A).

Pembacaan dial 3, 4, dan 5 kemudian diproyeksikan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan beban-lendutan. Grafik yang dimaksud dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 4.11 Grafik Lentutan dial 3,4,5 Pelat (SF 0,19-1-A)

Untuk dial 1 dan 7, pembacaan yang telah dikoreksi kemudian diproyeksikan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan momen-rotasi. Perhitungan momen untuk setiap nilai bebannya dilakukan dengan menggunakan analisis struktur tertentu. Nilai lentutan diperoleh dengan memperhitungkan posisi titik dial yang berada 12,5 cm jauhnya dari titik perletakan. Berikut adalah grafik momen-rotasi dari dial 1 dan 7.



Gambar 4.12 Grafik Momen-Rotasi Pelat (SF 0,19-1-A)

Dari kedua grafik di atas, dapat dikatakan bahwa data yang diperoleh dari dial 1, 7, 3, 4, dan 5 pada sampel ini cukup baik karena kurva dari dial 3,4, dan 5 saling berdekatan, begitu juga untuk kurva dari dial 1 dan 7 yang walaupun tidak berhimpit tapi masih cukup dekat. Pada pelat variasi volume fraksi 0,19% *steel fiber* ini runtuh pada beban 17836 N dan tidak mengalami retak pertama, melainkan ketika pada beban tersebut pelat tersebut langsung mengalami runtuh.

d. Pelat (SF 0,19-1-B)

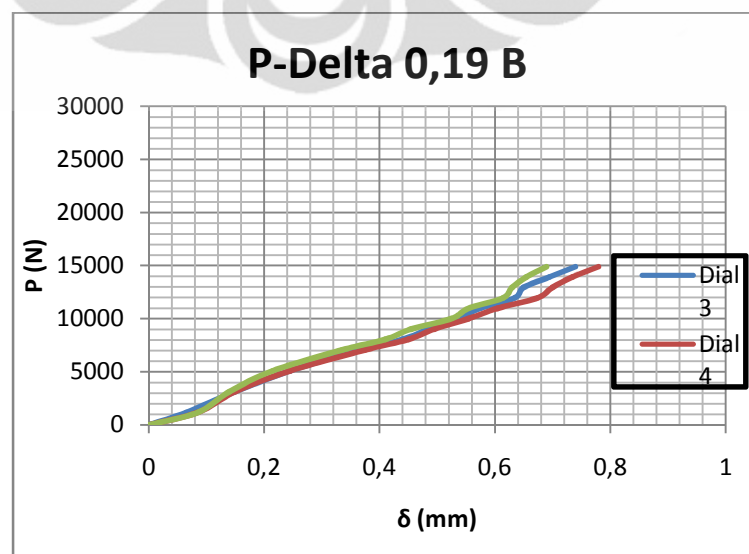
Pelat (SF 0,19-1-B) merupakan sampel kedua dari penambahan variasi volume fraksi 0,19 %. Data-data umum untuk sampel ini dapat dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 4.9 Data Umum Pelat (SF 0,19-1-B)

Panjang		Lebar (cm)		Tebal					
1	2	A	B	A1	B1	C1	A2	B2	C2
174,5	174,5	59,6	59,6	151,2	150,1	151,2	150,2	149,8	150,2

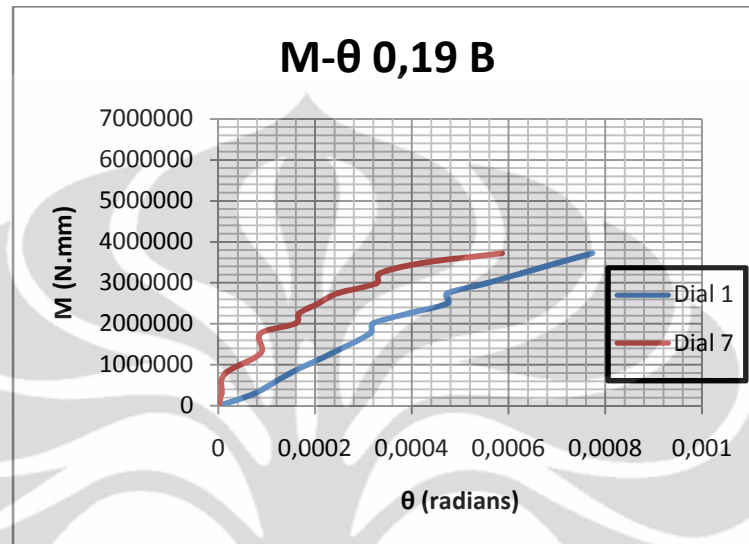
Berikut ini adalah grafik hasil pengolahan data untuk momen-rotasi pada *dial* 1 dan *dial* 7, beban-lendutan pada *dial* 3, *dial* 4, dan *dial* 5, serta grafik rata-rata momen-rotasi dan beban-lendutan untuk pelat (0,19-1-B).

Pembacaan dial 3, 4, dan 5 kemudian diproyeksikan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan beban-lendutan. Grafik yang dimaksud dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 4.13 Grafik Lendutan Dial 3,4,5 Pelat (SF 0,19-1-B)

Untuk dial 1 dan 7 kemudian diproyeksikan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan momen-rotasi. Nilai lendutan diperoleh dengan memperhitungkan posisi titik dial yang berada 12,5 cm jauhnya dari titik perletakan. Berikut adalah grafik momen-rotasi dari dial 1 dan 7.



Gambar 4.14 Grafik Momen-Rotasi Pelat (SF 0,19-1-B)

Dari kedua grafik di atas, dapat dikatakan bahwa data yang diperoleh dari dial 1, 7, 3, 4, dan 5 pada sampel ini cukup baik karena kurva dari dial 3,4, dan 5 saling berdekatan, Akan tetapi untuk kurva dari dial 1 dan 7 memiliki jarak yang cukup besar yaitu, dial 7 lebih tinggi di bandingkan dial 1. Pada pelat variasi volume fraksi 0,19% *steel fiber* ini runtuh pada beban 14896 N dan tidak mengalami retak pertama, melainkan ketika pada beban tersebut pelat tersebut langsung mengalami runtuh.

e. Pelat (SF 0,32-1-A)

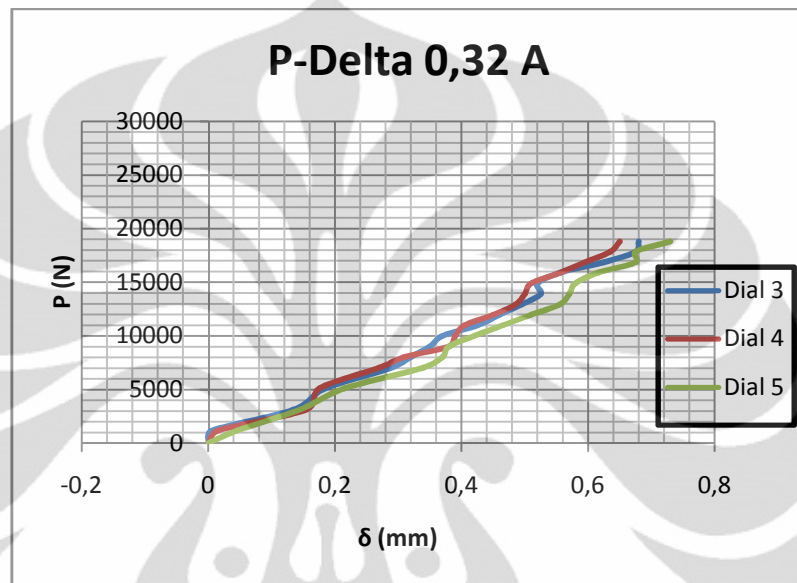
Pelat (SF 0,32-1-A) merupakan sampel kedua dari penambahan variasi volume fraksi 0,32 %. Data-data umum untuk sampel ini dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 4.10 Data Umum Pelat (SF 0,32-1-A)

Panjang		Lebar (cm)		Tebal					
1	2	A	B	A1	B1	C1	A2	B2	C2
174,5	174,5	59,8	59,8	151,2	150,1	151,2	150,2	149,8	150,2

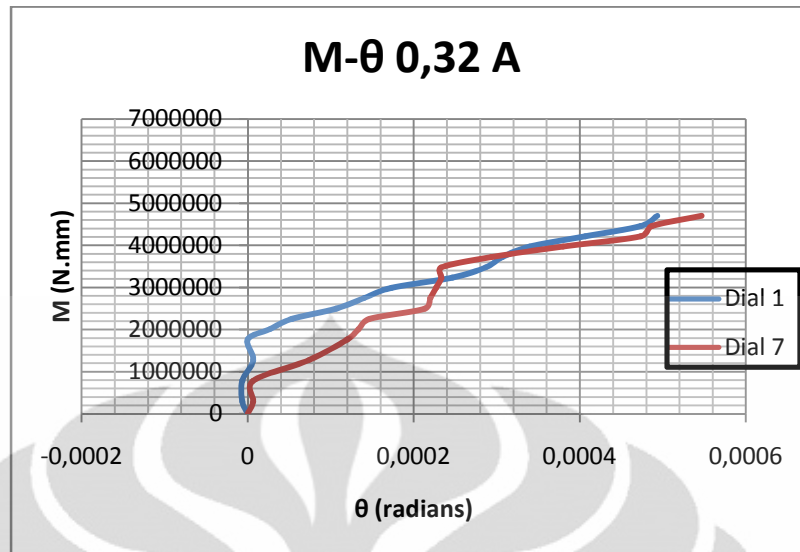
Berikut ini adalah grafik hasil pengolahan data untuk momen-rotasi pada *dial* 1 dan *dial* 7, beban-lendutan pada *dial* 3, *dial* 4, dan *dial* 5, serta grafik rata-rata momen-rotasi dan beban-lendutan untuk pelat (0,32-1-A).

Pembacaan dial 3, 4, dan 5 kemudian diproyeksikan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan beban-lendutan. Grafik yang dimaksud dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 4.15 Grafik lendutan dial 3,4,5 Pelat (SF 0,32-1-A)

Untuk dial 1 dan 7, pembacaan yang telah dikoreksi kemudian diproyeksikan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan momen-rotasi. Perhitungan momen untuk setiap nilai bebannya dilakukan dengan menggunakan analisis struktur tertentu. Nilai lendutan diperoleh dengan memperhitungkan posisi titik dial yang berada 12,5 cm jauhnya dari titik perletakan. Berikut adalah grafik momen-rotasi dari dial 1 dan 7.



Gambar 4.16 Grafik Momen-Rotasi Pelat (SF 0,32-1-A)

Dari kedua grafik di atas, dapat dikatakan bahwa data yang diperoleh dari dial 1, 7, 3, 4, dan 5 pada sampel ini cukup baik karena kurva dari dial 3,4, dan 5 saling berdekatan, begitu juga untuk kurva dari dial 1 dan 7 yang walaupun tidak berhimpit tapi masih cukup dekat. Pada pelat variasi volume fraksi 0,32% *steel fiber* ini runtuh pada beban 18816 N dan tidak mengalami retak pertama, melainkan ketika pada beban tersebut pelat tersebut langsung mengalami runtuh.

f. Pelat (SF 0,32-1-B)

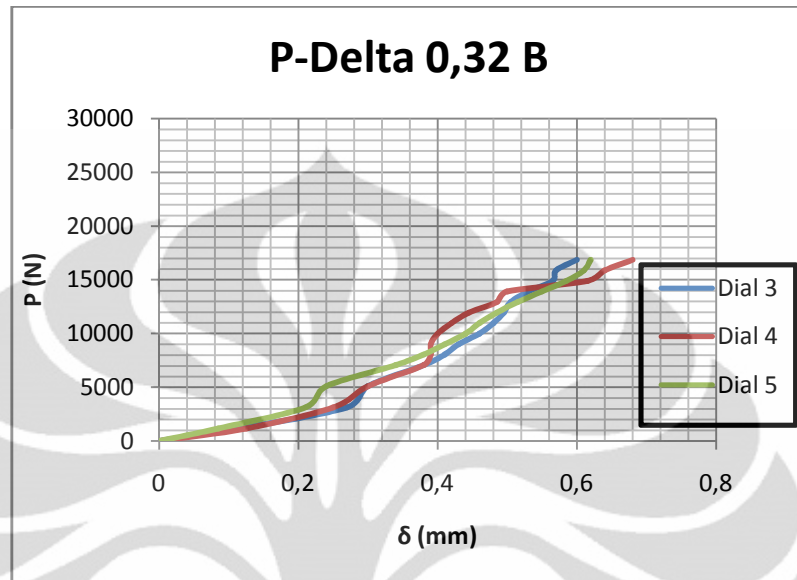
Pelat (SF 0,32-1-B) merupakan sampel kedua dari penambahan variasi volume fraksi 0,32 %. Data-data umum untuk sampel ini dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 4.11 Data Umum Pelat (SF 0,32-1-B)

Panjang		Lebar (cm)		Tebal					
1	2	A	B	A1	B1	C1	A2	B2	C2
174,5	174,5	59,5	59,5	152,5	151,8	152,9	151,5	150,7	151,7

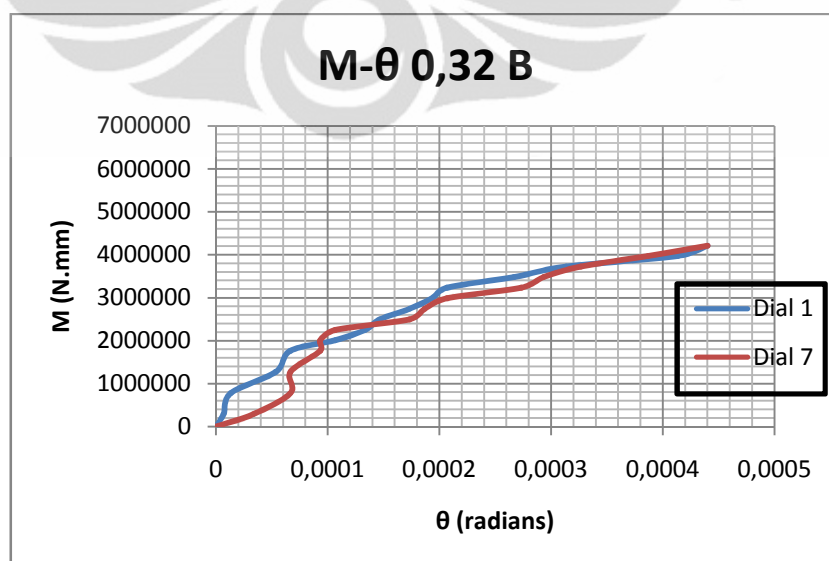
Berikut ini adalah grafik hasil pengolahan data untuk momen-rotasi pada *dial* 1 dan *dial* 7, beban-lendutan pada *dial* 3, *dial* 4, dan *dial* 5, serta grafik rata-rata momen-rotasi dan beban-lendutan untuk pelat (0,32-1-B).

Pembacaan dial 3, 4, dan 5 kemudian diproyeksikan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan beban-lendutan. Grafik yang dimaksud dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 4.17 Grafik Lendutan Dial 3,4,5 Pelat (SF 0,32-1-B)

Untuk dial 1 dan 7 kemudian diproyeksikan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan momen-rotasi. Nilai lendutan diperoleh dengan memperhitungkan posisi titik dial yang berada 12,5 cm jauhnya dari titik perletakan. Berikut adalah grafik momen-rotasi dari dial 1 dan 7.



Gambar 4.18 Grafik Momen-Rotasi Pelat (SF 0,32-1-B)

Dari kedua grafik di atas, dapat dikatakan bahwa data yang diperoleh dari dial 1, 7, 3, 4, dan 5 pada sampel ini cukup baik karena kurva dari dial 3,4, dan 5 saling berdekatan, begitu juga untuk kurva dari dial 1 dan 7 yang walaupun tidak berhimpit tapi masih cukup dekat. Pada pelat variasi volume fraksi 0,32% *steel fiber* ini runtuh pada beban 16856 N dan tidak mengalami retak pertama, melainkan ketika pada beban tersebut pelat tersebut langsung mengalami runtuh.

g. Pelat (SF 0,51-2-A)

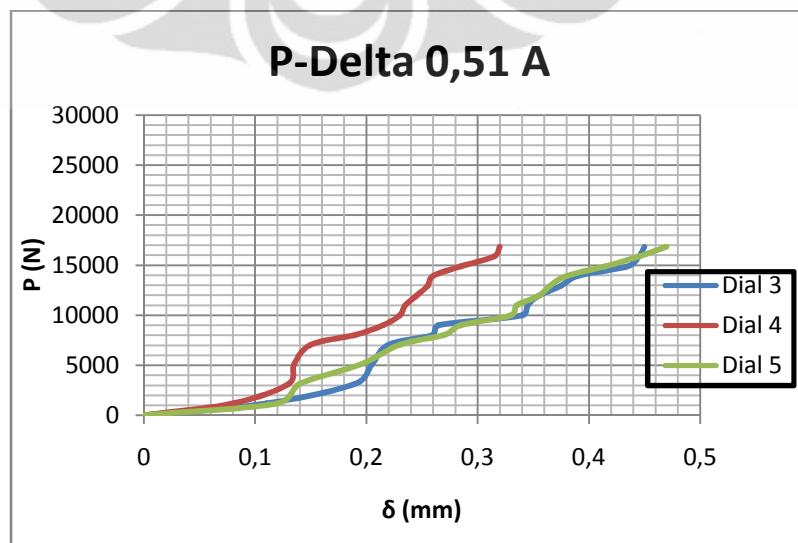
Pelat (SF 0,51-2-A) merupakan sampel pertama dari penambahan variasi volume fraksi 0,51 %. Data-data umum untuk sampel ini dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 4.12 Data Umum Pelat (SF 0,51-2-A)

Panjang		Lebar (cm)		Tebal					
1	2	A	B	A1	B1	C1	A2	B2	C2
174,6	174,6	59,6	59,6	154	152	153,5	155,2	154,7	154,5

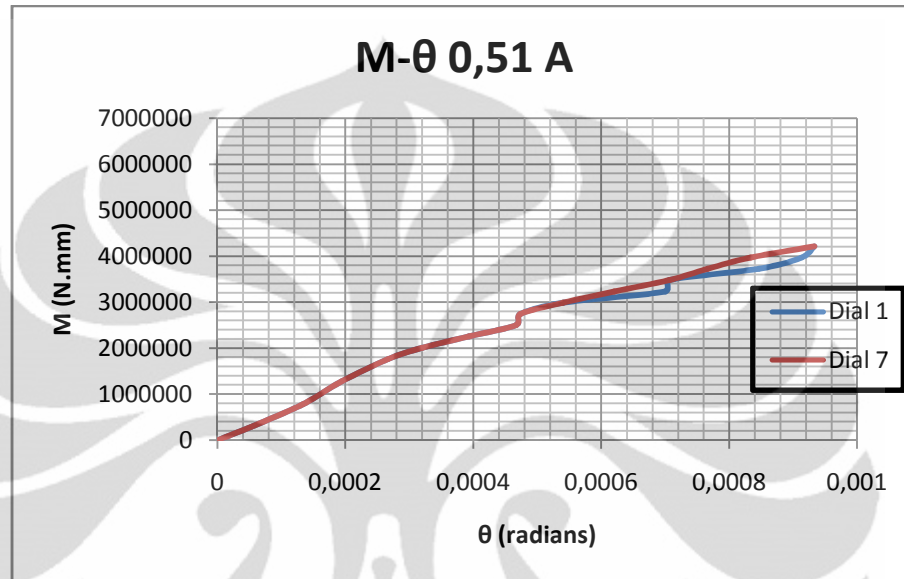
Berikut ini adalah grafik hasil pengolahan data untuk momen-rotasi pada *dial* 1 dan *dial* 7, beban-lendutan pada *dial* 3, *dial* 4, dan *dial* 5, serta grafik rata-rata momen-rotasi dan beban-lendutan untuk pelat (0,51-2-A).

Pembacaan dial 3, 4, dan 5 kemudian diproyeksikan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan beban-lendutan. Grafik yang dimaksud dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 4.19 Grafik Lendutan Dial 3,4,5 Pelat (SF 0,51-2-A)

Untuk dial 1 dan 7 kemudian diproyeksikan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan momen-rotasi. Nilai lendutan diperoleh dengan memperhitungkan posisi titik dial yang berada 12,5 cm jauhnya dari titik perletakan. Berikut adalah grafik momen-rotasi dari dial 1 dan 7.



Gambar 4.20 Grafik Momen-Rotasi Pelat (SF 0,51-2-A)

Dari kedua grafik di atas, dapat dikatakan bahwa data yang diperoleh dari dial 1, 7, 3, 4, dan 5 pada sampel ini cukup baik karena kurva dari dial 3,4, dan 5 saling berdekatan, begitu juga untuk kurva dari dial 1 dan 7 yang walaupun tidak berhimpit tapi masih cukup dekat. Pada pelat variasi volume fraksi 0,32% *steel fiber* ini runtuh pada beban 16856 N dan tidak mengalami retak pertama, melainkan ketika pada beban tersebut pelat tersebut langsung mengalami runtuh.

h. Pelat (SF 0,51-2-B)

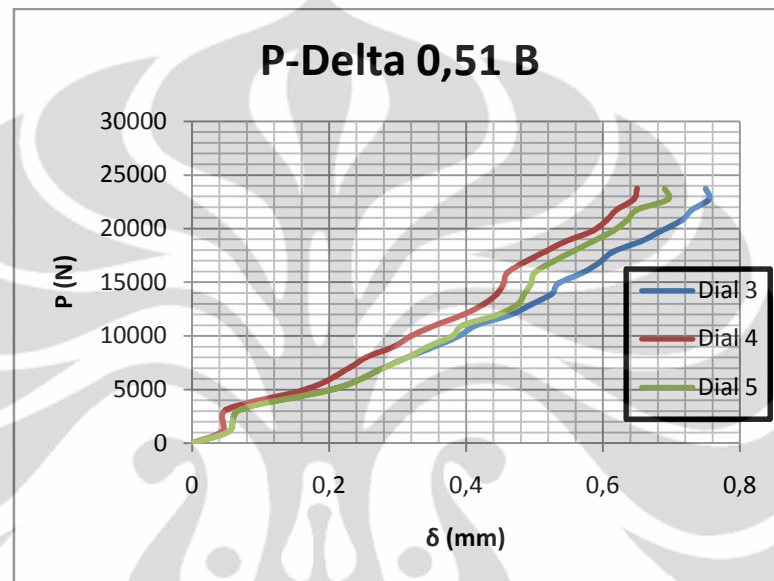
Pelat (SF 0,51-2-B) merupakan sampel kedua dari penambahan variasi volume fraksi 0,51 %. Data-data umum untuk sampel ini dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 4.13 Data Umum Pelat (SF 0,51-2-B)

Panjang		Lebar (cm)		Tebal					
1	2	A	B	A1	B1	C1	A2	B2	C2
175	175	59,5	59,5	153,7	151,8	153,8	152,6	152	153,5

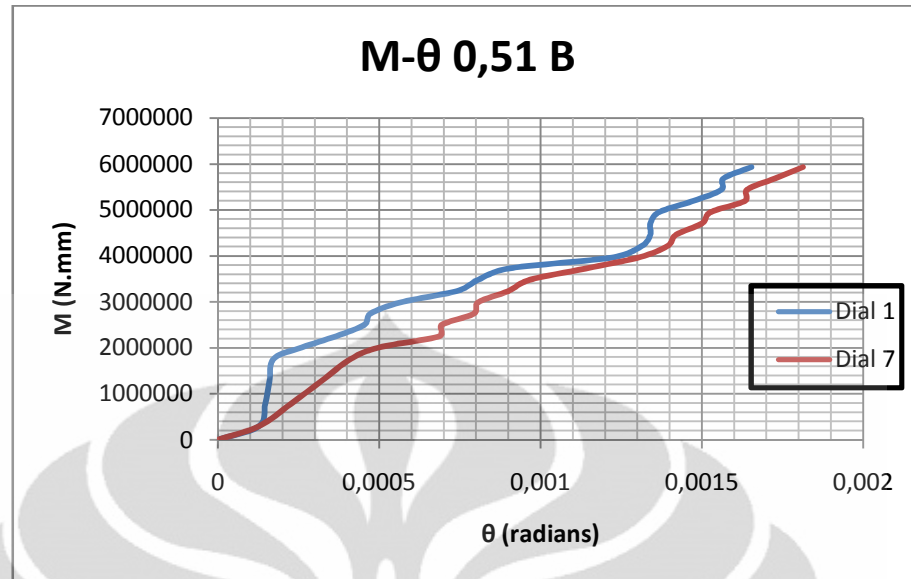
Berikut ini adalah grafik hasil pengolahan data untuk momen-rotasi pada *dial* 1 dan *dial* 7, beban-lendutan pada *dial* 3, *dial* 4, dan *dial* 5, serta grafik rata-rata momen-rotasi dan beban-lendutan untuk pelat (0,51-2-A).

Pembacaan dial 3, 4, dan 5 kemudian diproyeksikan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan beban-lendutan. Grafik yang dimaksud dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 4.21 Grafik Lendutan 3,4,5 Pelat (SF 0,51-2-B)

Untuk dial 1 dan 7 kemudian diproyeksikan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan momen-rotasi. Nilai lendutan diperoleh dengan memperhitungkan posisi titik dial yang berada 12,5 cm jauhnya dari titik perletakan. Berikut adalah grafik momen-rotasi dari dial 1 dan 7.



Gambar 4.22 Grafik Momen-Rotasi Pelat (SF 0,51-2-B)

Dari kedua grafik di atas, dapat dikatakan bahwa data yang diperoleh dari dial 1, 7, 3, 4, dan 5 pada sampel ini cukup baik karena kurva dari dial 3,4, dan 5 saling berdekatan, begitu juga untuk kurva dari dial 1 dan 7 yang walaupun tidak berhimpit tapi masih cukup dekat. Pada pelat variasi volume fraksi 0,32% *steel fiber* ini runtuh pada beban 16856 N dan tidak mengalami retak pertama, melainkan ketika pada beban tersebut pelat tersebut langsung mengalami runtuh.

4.3 Analisa Hasil Penelitian

Pada bagian sebelumnya, data setiap sampel dipaparkan satu per satu tanpa membandingkan atau mengaitkan hasil pengujian satu sampel dengan sampel lainnya. Dalam bagian ini, hasil pengujian akan dibahas lebih lanjut dengan membandingkan hasil pengujian dari setiap sampel secara bersama-sama. Terdapat empat hal yang dibandingkan dalam analisis ini, yaitu jenis kegagalan dan pola retak, kurva P-δ dan M-θ.

4.3.1 Data Rekapitulasi Sampel Pelat

Tabel 4.14 Rekapitulasi Sampel

REKAPITULASI SAMPEL						
NO	VARIASI	JENIS PELAT	BEBAN MAKSIMUM (N)	Ratio Pu/Pyield	BESAR RETAKA N (mm)	RATA-RATA Pu SAMPEL (N)
1	Benchmark	Pelat Benchmark (BM-1-A)	25088	0,711	-	25838
2		Pelat Benchmark (BM-1-B)	26588	0,671	-	
3	Steel fiber	Pelat (SF 0,19-1-A)	17248	1	3,8	15778
4		Pelat (SF 0,19-1-B)	14308	1	6,6	
5		Pelat (SF 0,32-1-A)	18228	1	2,9	17248
6		Pelat (SF 0,32-1-B)	16268	1	1,6	
7		Pelat (SF 0,51-2-A)	16268	1	1,06	19698
8		Pelat (SF 0,51-2-B)	23128	1	2,2	

Berdasarkan data rekapitulasi sampel, dapat dilihat bahwa dengan peningkatan volume fraksi *steel fiber* dapat meningkatkan mutu pelat satu arah tersebut. Hal ini di karenakan ikatan antar material akibat penambahan *steel fiber* menjadi tinggi. Namun perlu di perhatikan juga bahwa ratio P leleh dengan ultimate tulangan *steel fiber* adalah 1 dan dapat kita simpulkan bahwa pelat dengan volume fraksi *steel fiber* bersifat getas. Oleh karena itu, oleh karena itu material ini tidak cocok untuk menjadi material struktural.

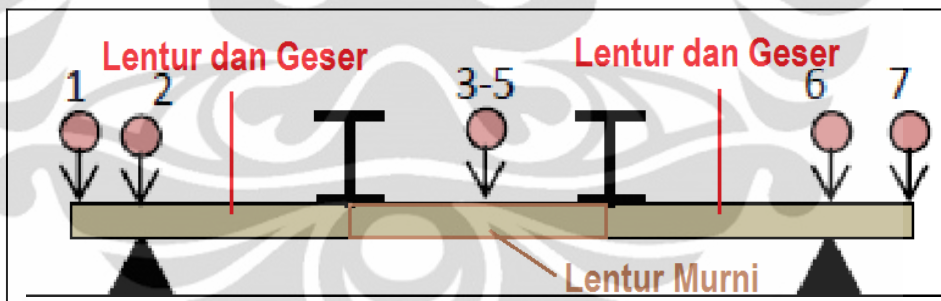
Peningkatan volume fraksi pada pelat beton satu arah juga berpengaruh dengan besar retakan yang di dihasilkan. Semakin besar volume fraksi *steel fiber* lebar retakan yang dihasilkan semakin kecil, dapat kita lihat bahwa besar retakan pada volume fraksi 0,19% lebih besar dibandingkan dengan volume fraksi 0,32% dan 0,51 %. Besar retakan 0,19 %,0,32% dan 0,51% adalah sebagai berikut secara berurutan 6,6 mm, 2,9 mm dan 1,05 mm. Hal ini membuktikan bahwa adanya penyerapan energi yang di lakukan oleh *steel fiber*.

4.3.2 Jenis Kegagalan dan Pola Retak

Pola keruntuhan elemen struktur beton beragam sesuai dengan pembebanan dan gaya dalam yang bekerja padanya. Pada elemen struktur pelat, keretakan dan keruntuhan yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gaya moment

dan gaya geser yang bekerja akibat kombinasi pembebanan. Pada penelitian kali ini keretakan yang terjadi tentunya diakibatkan oleh pembebanan pada $1/3$ dan $2/3$ bentang pelat yang mengakibatkan gaya moment pada daerah $1/3$ hingga $2/3$ bentang dan kombinasi gaya moment dan gaya geser pada daerah lainnya. Oleh karena perilaku gaya dalam tersebut pengujian ini disebut juga sebagai pengujian lentur murni.

Dengan metode pengujian *four point load* ini, perilaku sampel pelat terhadap pola keruntuhan dapat dibedakan berdasarkan penyebabnya, yaitu retak dan keruntuhan akibat gaya moment murni yang tentunya akan terjadi pada daerah lentur murni ($1/3 l - 2/3 l$) atau keruntuhan akibat kombinasi gaya moment dan gaya geser yang akan terjadi pada daerah antara perletakan dan beban. Penyebutan beban yang menyebabkan pola retak disesuaikan dengan pembacaan dial saat retak terjadi yang berarti bahwa beban yang bekerja adalah beban total dari tekanan piston kedua *hydraulic jack* ditambah berat dua balok baja *web-flange* yang berfungsi sebagai pengkonversi beban piston (beban titik) menjadi beban garis.

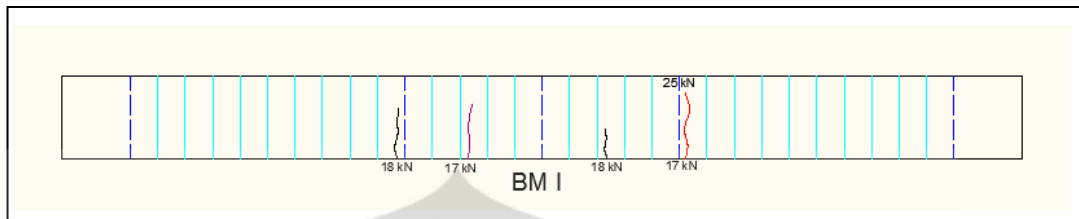


Gambar 4.23 Skema Daerah Lentur Murni dan Daerah Kombinasi Lentur dan Geser

a. Pelat Benchmark (BM-1-A)

Retak yang terjadi pada pelat Benchmark (BM-1-A) adalah retak lentur. Retak terjadi disaat memasuki beban 17836 N pada daerah di bawah beban. Saat beban terus bertambah terjadi pelebaran dan perpanjangan retak, besar retakan nya sendiri dapat diamati sebesar 2,16 mm. Retak dapat diamati berada pada posisi tengah bentang yakni 20 cm dari sebelah bentang dan di bawah beban. Retak ini menandakan bahwa material ini berperilaku getas dan menandakan bahwa

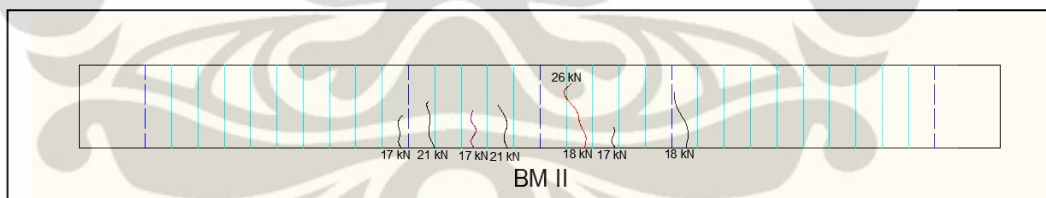
kegagalan terjadi pada material beton di karenakan beton lemah terhadap tarik yang terjadi didaerah tersebut karena pembebanan.



Gambar 4.24 Gambar Pola Retak Pelat Benchmark (BM-1-A)

b. Pelat Benchmark (BM-1-B)

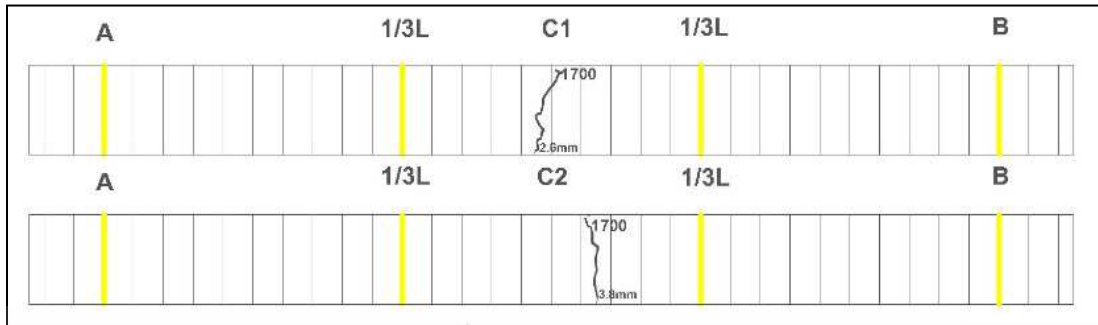
Retak yang terjadi pada pelat Benchmark (BM-1-B) adalah retak lentur. Retak terjadi disaat memasuki beban 17836 N pada daerah di bawah beban. Saat beban terus bertambah terjadi pelebaran dan perpanjangan retak, besar retakan nya sendiri dapat diamati sebesar 2,2 mm. Retak dapat diamati berada pada posisi tengah bentang yakni 20 cm dari sebelah bentang dan di bawah beban. Retak ini menandakan bahwa material ini berperilaku getas dan menandakan bahwa kegagalan terjadi pada material beton di karenakan beton lemah terhadap tarik yang terjadi didaerah tersebut karena pembebanan.



Gambar 4.25 Gambar Pola Retak Pelat Benchmark (BM-1-B)

c. Pelat (SF 0,19-1-A)

Retak yang terjadi pada pelat beton (SF 0,19-1-A) dengan campuran volume fraksi *steel fiber* sebanyak 0,19 % adalah retak lentur. Retak terjadi disaat memasuki beban maksimum 17248 N yang disertai dengan kegagalan. Retak dapat diamati terjadi pada tengah bentang yang berjarak kurang lebih 0-5 cm dari tengah bentang, Besar retakan nya sendiri dapat diamati sebesar 3,8 mm. Retak ini menandakan bahwa material ini berperilaku getas dan menandakan bahwa kegagalan terjadi pada material beton di karenakan beton lemah terhadap tarik yang terjadi didaerah tersebut karena pembebanan.



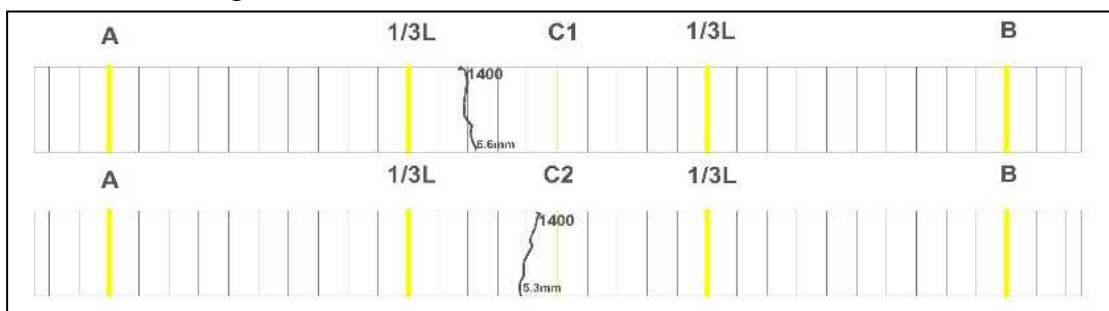
Gambar 4.26 Gambar Pola Retak beton (SF 0,19-1-A)



Gambar 4.27 Gambar Foto Retak pelat beton (SF 0,19-1-A)

d. Pelat (SF 0,19-1-B)

Retak yang terjadi pada pelat beton (SF 0,19-1-B) dengan campuran volume fraksi *steel fiber* sebanyak 0,19 % adalah retak lentur. Retak terjadi disaat memasuki beban maksimum 14308 N yang disertai dengan kegagalan. Retak dapat diamati terjadi pada tengah bentang yang berjarak kurang lebih 14 cm dari tengah bentang untuk sisi 1 dan untuk sisi 2 berjarak 5 cm dari tengah bentang. Besar retakan nya sendiri dapat diamati sebesar 6,6 mm. Retak ini menandakan bahwa material ini berperilaku getas dan menandakan bahwa kegagalan terjadi pada material beton di karenakan beton lemah terhadap tarik yang terjadi didaerah tersebut karena pembebanan.



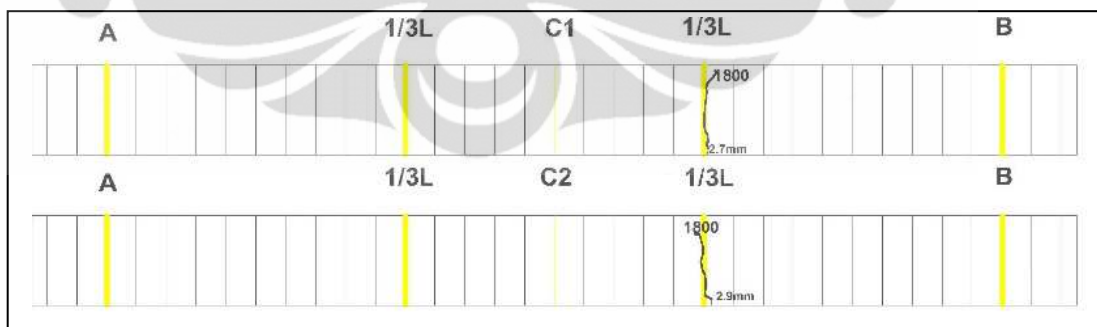
Gambar 4.28 Gambar Pola Retak pelat beton (SF 0,19-1-B)



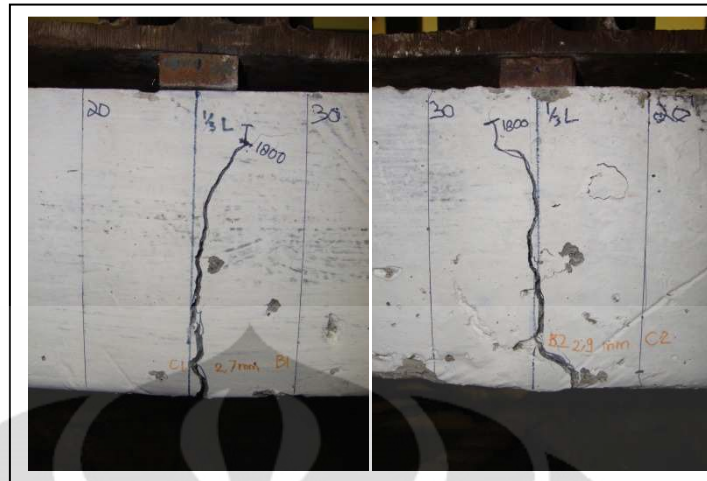
Gambar 4.29 Gambar foto Retak Pelat beton (SF 0,19-1-B)

e. Pelat (SF 0,32-1-A)

Retak yang terjadi pada pelat beton (SF 0,32-1-A) dengan campuran volume fraksi *steel fiber* sebanyak 32 % adalah retak lentur. Retak terjadi disaat memasuki beban maksimum 18228 N yang disertai dengan kegagalan. Retak dapat diamati terjadi pada sepertiga bentang yaitu pada posisi di bawah beban yang berjarak kurang lebih 25 cm dari tengah bentang, Besar retakan nya sendiri dapat diamati sebesar 2,9 mm. Retak ini menandakan bahwa material ini berperilaku getas dan menandakan bahwa kegagalan terjadi pada material beton di karenakan beton lemah terhadap tarik yang terjadi didaerah tersebut karena pembebanan.



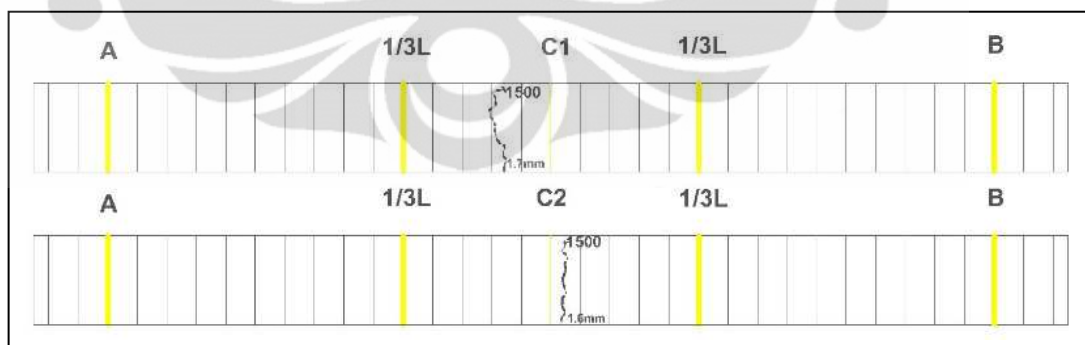
Gambar 4.30 Gambar Pola Retak Pelat Beton (SF 0,32-1-A)



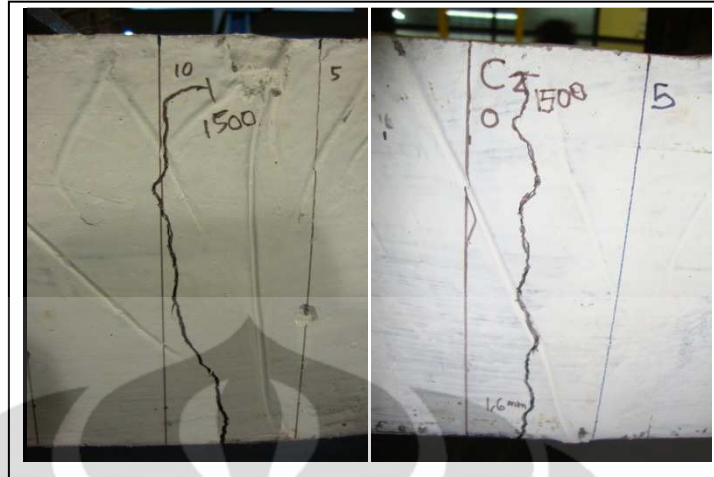
Gambar 4.31 Gambar foto Retak Pelat Beton (SF 0,32-1-A)

f. Pelat (SF0,32-1-B)

Retak yang terjadi pada pelat beton (SF 0,32-1-B) dengan campuran volume fraksi *steel fiber* sebanyak 32 % adalah retak lentur. Retak terjadi disaat memasuki beban maksimum 16386 N yang disertai dengan kegagalan. Retak dapat diamati terjadi pada tengah bentang yang berjarak kurang lebih 5 cm dari tengah bentang, Besar retakan nya sendiri dapat diamati sebesar 1,6 mm. Retak ini menandakan bahwa material ini berperilaku getas dan menandakan bahwa kegagalan terjadi pada material beton di karenakan beton lemah terhadap tarik yang terjadi didaerah tersebut karena pembebanan.



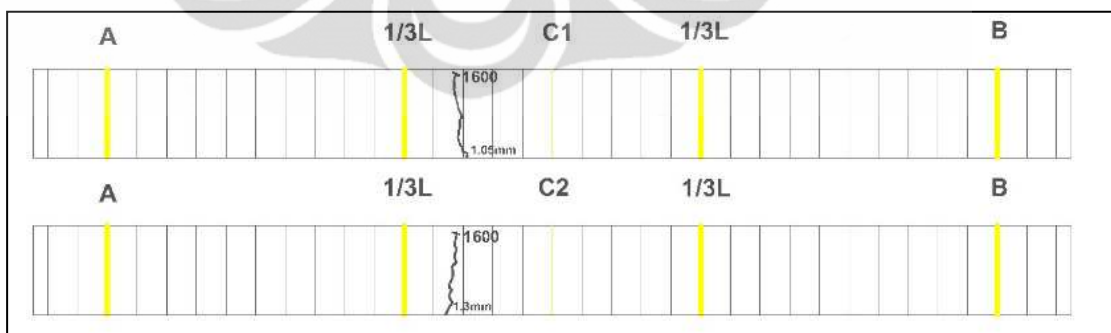
Gambar 4.32 Gambar Pola Retak Pelat Beton (SF 0,32-1-B)



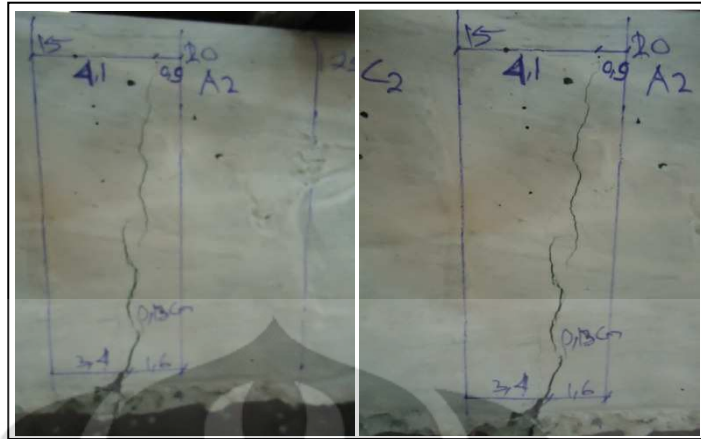
Gambar 4.33 Gambar Foto Retak Pelat Beton (SF 0,32-1-B)

g. Pelat (SF 0,51-2-A)

Retak yang terjadi pada pelat beton (SF 0,51-1-A) dengan campuran volume fraksi *steel fiber* sebanyak 0,51 % adalah retak lentur. Retak terjadi disaat memasuki beban maksimum 16386 N yang disertai dengan kegagalan. Retak dapat diamati terjadi pada tengah bentang yang berjarak kurang lebih 15 cm dari tengah bentang, Besar retakan nya sendiri dapat diamati sebesar 1,05 mm. Retak ini menandakan bahwa material ini berperilaku getas dan menandakan bahwa kegagalan terjadi pada material beton di karenakan beton lemah terhadap tarik yang terjadi didaerah tersebut karena pembebanan.



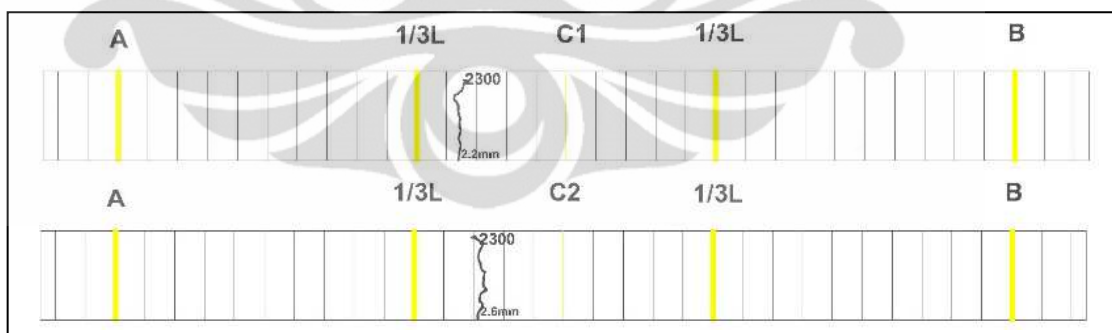
Gambar 4.34 Gambar Pola Retak Pelat Beton (SF 0,51-1-A)



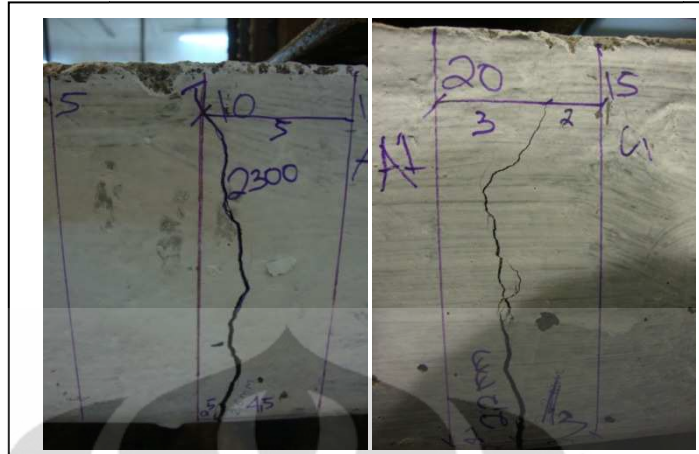
Gambar 4.35 Gambar foto Retak Pelat Beton (SF 0,51-1-A)

h. Pelat (SF 0,51-2-B)

Retak yang terjadi pada pelat beton (SF 0,51-1-B) dengan campuran volume fraksi *steel fiber* sebanyak 0,51 % adalah retak lentur. Retak terjadi disaat memasuki beban maksimum 23128 N yang disertai dengan kegagalan. Retak dapat diamati terjadi pada tengah bentang yang berjarak kurang lebih 17 cm dari tengah bentang, Besar retakan nya sendiri dapat diamati sebesar 1,05 mm. Retak ini menandakan bahwa material ini berperilaku getas dan menandakan bahwa kegagalan terjadi pada material beton di karenakan beton lemah terhadap tarik yang terjadi didaerah tersebut karena pembebanan.



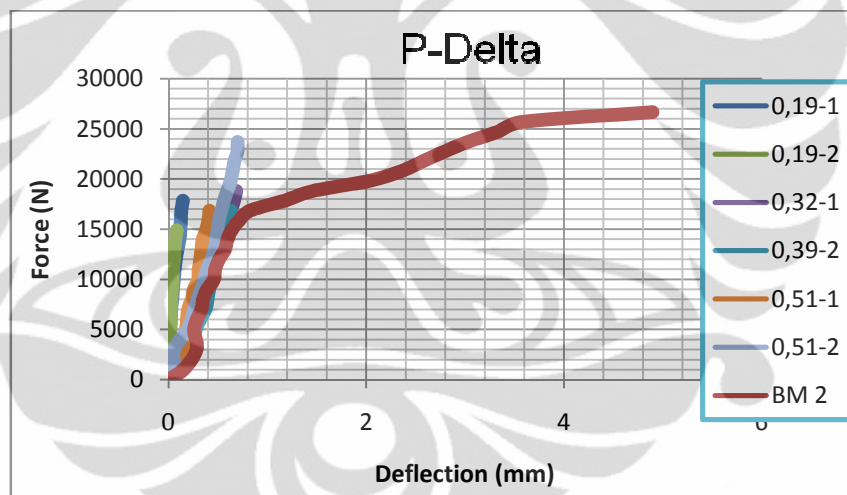
Gambar 4.36 Gambar Pola Retak Pelat Beton (SF 0,51-1-B)



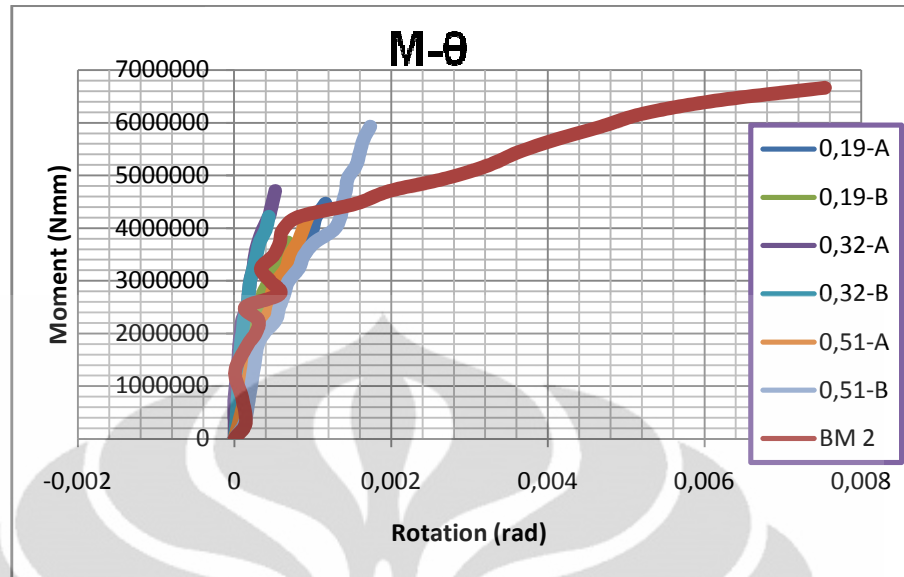
Gambar 4.37 Gambar foto Retak Pelat Beton (SF 0,51-1-B)

4.3.3 Kurva Hubungan Beban-Lendutan dan Momen Gaya-Putaran Sudut

Berikut gambar grafik Beban-Lendutan dan Momen Gaya-Putaran Sudut masing-masing benda uji:



Gambar 4.38 Gambar Perbandingan Beban-Lendutan



Gambar 4.39 Gambar Grafik Perbandingan Momen Gaya-Putaran Sudut

Dari grafik perbandingan Beban dan lendutan, dapat dilihat bahwa lendutan yang di hasilkan oleh beton dengan variasi volume fraksi *steel fiber* lebih kecil dibandingkan dengan beton dengan tulangan konvensional. Dapat dianalisa bahwa pelat beton dengan variasi volume fraksi *steel fiber* memiliki sifat getas, terbukti dengan ketika terjadi beban maksimum tidak terjadinya lendutan yang besar melainkan langsung terjadi kegagalan.

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian mengenai studi eksperimental pelat satu arah dengan penambahan *steel fiber*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan *steel fiber* pada pelat beton satu arah akan meningkatkan kuat tekan, kuat tarik, ketahanan geser, ketahanan lentur
2. Pada pengujian pelat satu arah, pelat dengan volume fraksi *steel fiber* memiliki kekuatan lebih kecil dibandingkan tulangan konvensional.
3. Keruntuhan yang terjadi pada pelat sampel adalah keruntuhan lentur murni.
4. Pelat satu arah dengan penambahan volume fraksi *steel fiber* lebih bersifat getas, terbukti dengan ketika beban mencapai maksimum di sertai dengan keruntuhan.
5. Peningkatan volume fraksi *steel fiber* dapat meningkatkan kekuatan pelat satu arah. Karena sifat nya yang getas maka material ini tidak cocok untuk material struktural.
6. Pelat dengan volume fraksi *steel fiber* tidak dapat menggantikan pelat dengan tulangan konvensional

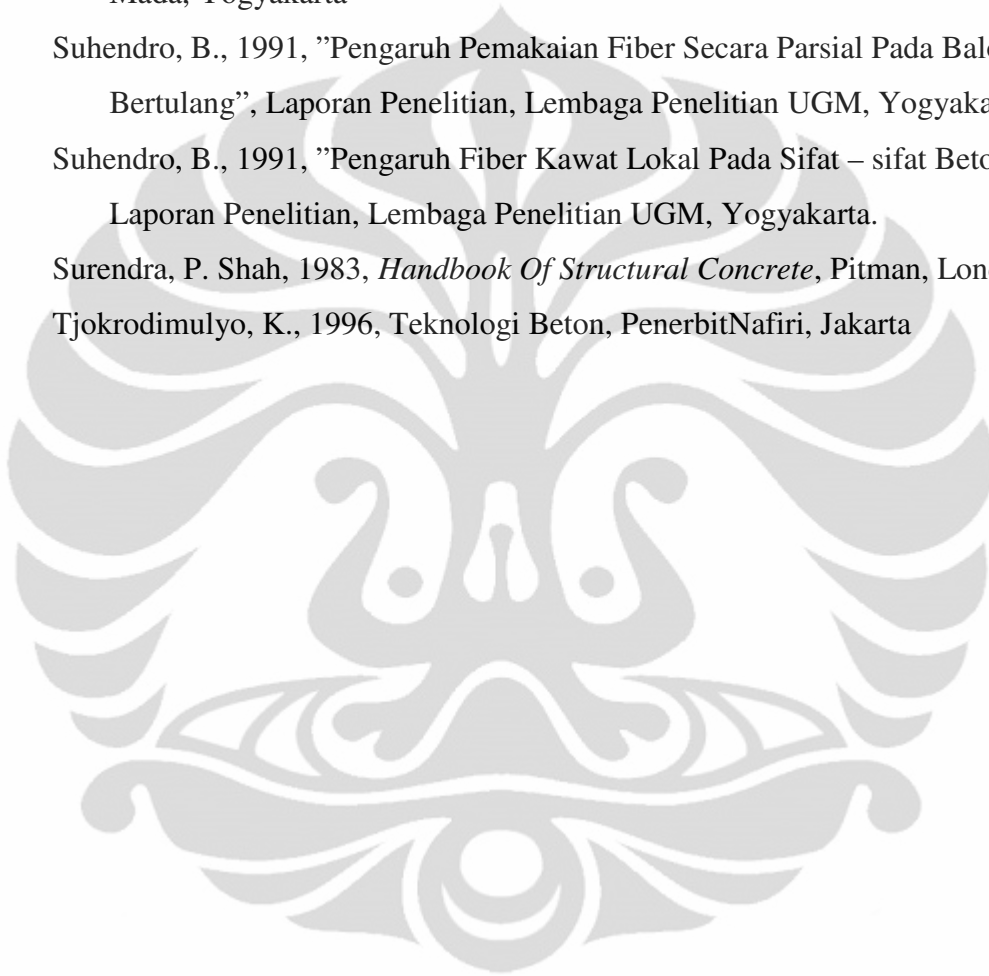
Dari hasil penelitian pengaruh studi eksperimental pelat satu arah dengan penambahan *steel fiber*, maka dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut :

1. Untuk pengujian material di butuhkan jumlah benda uji yang memadai untuk dapat ditarik analisa yang lebih akurat
2. Kelurusan cetakan benda uji pelat perlu diperhatikan karena kesempurnaan benda uji ditentukan oleh cetakan. Cetakan yang miring menghasilkan benda uji yang tidak sempurna.
3. Perlu ditambahkan jenis variasi volume fraksi yang lain untuk mendapatkan volume fraksi yang optimum

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544, 1993, *Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete*, Report : ACI 544.3R – 93
- Ariatama, Ananta., 2007, Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton Bermutu Tinggi berdasarkan Optimasi Diameter Serat, Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang
- Asroni, H. Ali., 2010, Balok dan Pelat Beton Bertulang, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta
- Bayasi, Z., Zeng, J., 1993, *Properties Of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete*, ACI Material Journal, Volume 90, No. 6, November – December 1993
- Balaguru, P., Ramakrishnan, V., 1988, *Properties Of Fiber Reinforced Concrete : Workability, Behavior Under Long - Term Loading, And Air-Void Characteristics*, ACI Materials Journal, May - June 1988
- Balaguru, P., Narahari, R., Patel, M., 1992, *Flexural Toughness Of Steel Fiber Reinforced Concrete*, ACI Material Journal, V. 89, No. 6, November – December 1992
- Briggs, A., Bowen, D. H and Kollek, J., 1974, *Mechanical Properties and Durability of Carbon Fibre Reinforced Cement Composites*, Proceeding of International Conference Carbon Fibres, The Plastic Institute, London
- Handiyono, 1994, Pengaruh Bentuk Geometri Serat Bndrat Terhadap Kapasitas Balok Beton Bertulang Model Skala Penuh, Tesis Program Magister Teknik Sipil, Universitas GadjahMada Yogyakarta
- Leksono, B.T., 1995, Pengaruh Pemakaian Fiber Bndrat Berkait Secara Parsial Pada Perilaku Dan Kapasitas Balok Beton Bertulang Dengan Model Skala Penuh, Tesis Program Magister Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Naaman, A.E., Najm, H., 1991, *Bond – Slip Mechanisms Of Steel Fibers In Concrete*, ACI Materials Journal, V. 88, No. 2, March – April 1991

- Soroushian, P., Bayasi, Z., 1987, *Concept of Fibre Reinforced Concrete*, Proceeding of The International Seminar on Fibre Reinforced Concrete, Michigan State University
- Sudarmoko, 1991, Kuat Tarik Beton – Serat, Seminar Mekanika Bahan Dalam BerbagaiAspek, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Suhendro, B., 1991, "Pengaruh Pemakaian Fiber Secara Parsial Pada Balok Beton Bertulang", Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian UGM, Yogyakarta.
- Suhendro, B., 1991, "Pengaruh Fiber Kawat Lokal Pada Sifat – sifat Beton", Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian UGM, Yogyakarta.
- Surendra, P. Shah, 1983, *Handbook Of Structural Concrete*, Pitman, London
- Tjokrodimulyo, K., 1996, Teknologi Beton, PenerbitNafiri, Jakarta





LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

HASIL PENGUJIAN PELAT BETON

No
Sample : BM-1-A
Type : Benchmark
Size : (175x60x15)cm
Date of Mixed :
Project : Penelitian Tugas Akhir
Address : UI, Depok

No.	Kode Pengujian	Beban (Kg)	Beban Total (N)	Momen (N.mm)	Hasil Bacaan BM I						
					1	2	3	4	5	6	7
					bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	0	13,04	16,09	13,03	20,99	17,99	22,98	20,96
2	+60	120	1176	294000	12,16	16,38	13	20,94	17,9	22,9	20,88
3	200	320	3136	784000	13,05	16,28	12,9	21,84	26,8	22,67	20,68
4	400	520	5096	1274000	13,89	17,08	12,72	21,68	26,6	22,48	20,42
5	600	720	7056	1764000	12,69	15,86	12,51	21,48	26,43	22,21	20,18
6	700	820	8036	2009000	12,63	14,82	12,45	21,42	26,34	22,13	20,09
7	800	920	9016	2254000	12,64	14,74	12,38	21,34	26,1	22,02	20,02
8	900	1020	9996	2499000	12,6	14,69	11,29	20,26	25,98	21,9	19,88
9	1000	1120	10976	2744000	12,41	14,6	11,19	20,19	25,88	21,78	19,74
10	1100	1220	11956	2989000	12,42	14,62	11,09	20,1	25,78	21,69	19,64
11	1200	1320	12936	3234000	12,39	14,6	11,03	20,03	25,69	21,57	19,6



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

12	1300	1420	13916	3479000	12,31	14,52	10,91	19,84	25,56	21,48	19,45
13	1400	1520	14896	3724000	12,23	14,42	10,79	19,79	25,45	21,34	19,32
14	1500	1620	15876	3969000	12,18	14,35	10,7	19,71	25,34	21,22	19,21
15	1600	1720	16856	4214000	12,12	14,28	10,59	19,64	25,65	20,99	19,02
16	1700	1820	17836	4459000	12,15	14,18	10,53	19,62	24,48	19,28	18,48
17	1800	1920	18816	4704000	12,18	14,12	10,34	19,63	24,18	18,98	17,96
18	1900	2020	19796	4949000	12,15	14,08	10,32	19,62	23,8	18,58	17,66
19	2000	2120	20776	5194000	12,05	14,01	10,25	19,59	23,46	18,25	17,15
20	2100	2220	21756	5439000	12,05	13,99	10,24	19,58	23,33	18,04	16,98
21	2200	2320	22736	5684000	12,13	13,92	10,18	19,54	23,04	17,98	16,72
22	2300	2420	23716	5929000	12,11	13,88	10,13	19,51	22,78	17,44	16,38
23	2400	2520	24696	6174000	12,11	13,83	10,05	19,48	22,54	17,18	16,09
24	2500	2620	25676	6419000	12,1	13,77	10	19,45	22,18	16,9	15,9



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

HASIL PENGUJIAN PELAT BETON

No
Sample : BM-1-B
Type : Benchmark
Size : (175x60x15)cm
Date of Mixed :
Project : Penelitian Tugas Akhir
Address : UI, Depok

No.	Kode Pengujian	Beban (kg)	Beban (N)	Momen (N.mm)	Hasil Bacaan BM II								
					1	2	3	4	5	6	7	8	9
					bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	0	14	15,000	8	21	20	9	9	5	1
2	+60	120	1176	294000	13,89	14,900	7,75	20,78	19,72	8,89	8,93	5,09	1,05
3	200	320	3136	784000	13,8	14,900	7,57	20,61	19,66	8,9	8,88	5,17	1,13
4	400	520	5096	1274000	13,65	14,750	7,36	20,41	19,57	8,66	8,6	5,29	1,24
5	600	720	7056	1764000	13,48	14,560	7,13	20,16	19,39	8,56	8,5	5,42	1,36
6	700	820	8036	2009000	13,4	14,490	7,06	20,08	19,28	8,59	8,45	5,48	1,41
7	800	920	9016	2254000	13,33	14,410	6,96	19,97	19,17	8,44	8,38	5,53	1,45
8	900	1020	9996	2499000	13,27	14,350	6,86	19,87	19,06	8,43	8,31	5,59	1,5
9	1000	1120	10976	2744000	13,17	14,200	6,68	19,7	18,91	8,27	8,21	5,66	1,58
10	1100	1220	11956	2989000	13,13	14,190	6,63	19,64	18,83	8,23	8,17	5,69	1,61
11	1200	1320	12936	3234000	13,08	14,130	6,53	19,54	18,75	8,22	8,12	5,73	1,65



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

12	1300	1420	13916	3479000	13,02	14,060	6,43	19,42	18,63	8,12	8,05	5,78	1,71
13	1400	1520	14896	3724000	12,96	13,990	6,31	19,29	18,53	8,04	7,98	5,83	1,76
14	1500	1620	15876	3969000	12,91	13,930	6,19	19,15	18,39	7,99	7,93	5,89	1,81
15	1600	1720	16856	4214000	12,87	13,870	6,01	18,96	18,2	7,9	7,87	5,92	1,88
16	1700	1820	17836	4459000	12,86	13,750	5,58	18,5	17,75	7,81	7,85	5,97	1,91
17	1800	1920	18816	4704000	12,9	13,710	5,2	18,16	17,45	7,76	7,83	6,02	1,96
18	1900	2020	19796	4949000	12,99	13,670	4,7	17,52	16,7	7,65	7,83	6,07	2
19	2000	2120	20776	5194000	13	13,620	4,22	17,12	16,4	7,58	7,81	6,12	2,07
20	2100	2220	21756	5439000	13	13,580	3,98	16,84	16,15	7,54	7,79	6,17	2,1
21	2200	2320	22736	5684000	13	13,540	3,66	16,58	15,88	7,46	7,76	6,2	2,15
22	2300	2420	23716	5929000	13	13,480	3,37	16,29	15,55	7,39	7,74	6,25	2,2
23	2400	2520	24696	6174000	13,1	13,420	3,02	15,91	15,19	7,32	7,71	6,29	2,25
24	2500	2620	25676	6419000	13,4	13,390	2,75	15,58	14,9	7,24	7,68	6,33	2,29
25	2600	2720	26656	6664000	13,34	13,410	1,6	14,2	13,4	7,18	7,8	6,28	2,27



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

HASIL PENGUJIAN PELAT BETON

No
Sample : SF-0,19-A
Type : STEEL FIBER
Size : (175x60x15)cm
Date of Mixed :
Project : Penelitian Tugas Akhir
Address : UI, Depok

No.	Kode Pengujian	Beban (Kg)	Beban Total (N)	Momen (N.mm)	Hasil Bacaan 0,19 A						
					1	2	3	4	5	6	7
					bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	0	10	16	20,5	20	21	14	16
2	+60	120	1176	294000	9,87	15,86	20,36	19,84	20,86	13,88	15,885
3	200	320	3136	784000	9,81	15,79	20,21	19,7	20,74	13,8	15,81
4	400	520	5096	1274000	9,62	15,6	19,95	19,46	20,5	13,63	15,65
5	600	720	7056	1764000	9,475	15,45	19,72	19,23	20,27	13,45	15,48
6	700	820	8036	2009000	9,365	15,34	19,6	19,12	20,16	13,38	15,43
7	800	920	9016	2254000	9,31	15,28	19,51	19,02	20,06	13,29	15,35
8	900	1020	9996	2499000	9,25	15,21	19,4	18,92	19,96	13,23	15,3
9	1000	1120	10976	2744000	9,19	15,14	19,28	18,8	19,84	13,15	15,22
10	1100	1220	11956	2989000	9,12	15,05	19,17	18,71	19,75	13,08	15,16
11	1200	1320	12936	3234000	9,04	14,96	19,06	18,6	19,65	13	15,1



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

12	1300	1420	13916	3479000	9	14,9	18,96	18,5	19,55	12,94	15,06
13	1400	1520	14896	3724000	8,94	14,83	18,86	18,41	19,46	12,87	15
14	1500	1620	15876	3969000	8,87	14,75	18,76	18,32	19,35	12,78	14,91
15	1600	1720	16856	4214000	8,77	14,65	18,66	18,18	19,24	12,7	14,84
16	1700	1820	17836	4459000	8,74	14,6	18,53	18,07	19,14	12,66	14,81



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

HASIL PENGUJIAN PELAT BETON

No
Sample : SF-0,19-B
Type : STEEL FIBER
Size : (175x60x15)cm
Date of Mixed :
Project : Penelitian Tugas Akhir
Address : UI, Depok

No.	Kode Pengujian	Beban (Kg)	Beban Total (N)	Momen (N.mm)	Hasil Bacaan 0,19 B						
					1	2	3	4	5	6	7
					bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	0	19,1	18,61	11,82	20,86	17,9	22	14,73
2	+60	120	1176	294000	19,08	18,58	11,72	20,74	17,78	21,96	14,69
3	200	320	3136	784000	19,02	18,51	11,56	20,6	17,65	21,88	14,61
4	400	520	5096	1274000	18,87	18,35	11,31	20,35	17,42	21,73	14,47
5	600	720	7056	1764000	18,73	18,2	11,04	20,07	17,15	21,58	14,32
6	700	820	8036	2009000	18,69	18,16	10,93	19,96	17,04	21,55	14,3
7	800	920	9016	2254000	18,63	18,09	10,81	19,84	16,92	21,47	14,22
8	900	1020	9996	2499000	18,59	18,04	10,71	19,73	16,8	21,42	14,175
9	1000	1120	10976	2744000	18,51	17,96	10,59	19,6	16,69	21,34	14,1
10	1100	1220	11956	2989000	18,47	17,91	10,48	19,48	16,58	21,29	14,06
11	1200	1320	12936	3234000	18,41	17,84	10,39	19,38	16,49	21,21	13,98



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

12	1300	1420	13916	3479000	18,36	17,78	10,28	19,28	16,4	21,14	13,92
13	1400	1520	14896	3724000	18,3	17,71	10,16	19,16	16,29	21,06	13,86



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

HASIL PENGUJIAN PELAT BETON

No
Sample : SF-0,32-A
Type : STEEL FIBER
Size : (175x60x15)cm
Date of Mixed :
Project : Penelitian Tugas Akhir
Address : UI, Depok

No.	Kode Pengujian	Beban (Kg)	Beban Total (N)	Momen (N.mm)	Hasil Bacaan 0,32 A						
					1	2	3	4	5	6	7
					bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	0	12	9	10	14	11	17	10
2	+60	120	1176	294000	11,89	8,89	9,88	13,87	10,84	16,88	9,88
3	200	320	3136	784000	11,77	8,77	9,63	13,61	10,62	16,76	9,76
4	400	520	5096	1274000	11,58	8,58	9,4	13,41	10,37	16,59	9,6
5	600	720	7056	1764000	11,515	8,51	9,19	13,21	10,14	16,45	9,46
6	700	820	8036	2009000	11,46	8,45	9,09	13,1	10,04	16,37	9,38
7	800	920	9016	2254000	11,395	8,38	8,98	12,92	9,985	16,28	9,29
8	900	1020	9996	2499000	11,3	8,28	8,87	12,88	9,82	16,2	9,22
9	1000	1120	10976	2744000	11,245	8,22	8,75	12,77	9,71	16,13	9,15
10	1100	1220	11956	2989000	11,19	8,16	8,65	12,66	9,6	16,06	9,08
11	1200	1320	12936	3234000	11,14	8,1	8,55	12,56	9,49	15,99	9,01



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

12	1300	1420	13916	3479000	11,065	8,02	8,44	12,465	9,395	15,91	8,93
13	1400	1520	14896	3724000	10,955	7,91	8,35	12,36	9,29	15,83	8,86
14	1500	1620	15876	3969000	10,9	7,85	8,25	12,25	9,19	15,76	8,8
15	1600	1720	16856	4214000	10,86	7,8	8,12	12,15	9,07	15,69	8,74
16	1700	1820	17836	4459000	10,81	7,74	8	12,04	9	15,61	8,66
17	1800	1920	17936	4459100	10,75	7,68	7,95	11,98	8,9	15,58	8,64



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

HASIL PENGUJIAN PELAT BETON

No
Sample : SF-0,32-B
Type : STEEL FIBER
Size : (175x60x15)cm
Date of Mixed :
Project : Penelitian Tugas Akhir
Address : UI, Depok

No.	Kode Pengujian	Beban (Kg)	Beban Total (N)	Momen (N.mm)	Hasil Bacaan 0,32 B						
					1	2	3	4	5	6	7
					bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	0	21	21	25	21	21,5	11	12
2	+60	120	1176	294000	20,95	20,95	24,84	20,83	21,37	10,96	11,965
3	200	320	3136	784000	20,93	20,92	24,6	20,62	21,16	10,82	11,82
4	400	520	5096	1274000	20,785	20,76	24,35	20,35	20,91	10,54	11,53
5	600	720	7056	1764000	20,69	20,66	24,15	20,13	20,69	10,4	11,39
6	700	820	8036	2009000	20,605	20,57	24,03	20,05	20,56	10,31	11,3
7	800	920	9016	2254000	20,56	20,52	23,95	19,99	20,47	10,24	11,23
8	900	1020	9996	2499000	20,49	20,45	23,86	19,92	20,38	10,19	11,19
9	1000	1120	10976	2744000	20,415	20,37	23,75	19,81	20,27	10,09	11,09
10	1100	1220	11956	2989000	20,36	20,31	23,66	19,71	20,17	10	11
11	1200	1320	12936	3234000	20,26	20,21	23,56	19,58	20,05	9,92	10,93



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

12	1300	1420	13916	3479000	20,22	20,16	23,47	19,5	19,95	9,84	10,85
13	1400	1520	14896	3724000	20,2	20,13	23,38	19,33	19,86	9,76	10,77
14	1500	1620	15876	3969000	20,03	19,96	23,28	19,21	19,74	9,74	10,77
15	1600	1720	16856	4214000	19,99	19,91	23,16	19,08	19,64	9,61	10,64



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

HASIL PENGUJIAN PELAT BETON

No
Sample : SF-0,51-A
Type : STEEL FIBER
Size : (175x60x15)cm
Date of Mixed :
Project : Penelitian Tugas Akhir
Address : UI, Depok

No.	Kode Pengujian	Beban (Kg)	Beban Total (N)	Momen (N.mm)	Hasil Bacaan 0,51 A						
					1	2	3	4	5	6	7
					bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	0	15,8	19,8	19	16,4	19	23	22
2	+60	120	1176	294000	15,78	19,78	18,83	16,26	18,82	22,9	21,9
3	200	320	3136	784000	15,73	19,72	18,69	16,15	18,74	22,84	21,85
4	400	520	5096	1274000	15,4	19,37	18,4	15,87	18,41	22,64	21,67
5	600	720	7056	1764000	15,21	19,17	18,19	15,66	18,18	22,45	21,49
6	700	820	8036	2009000	15,09	19,04	18,04	15,51	18,03	22,36	21,41
7	800	920	9016	2254000	15,04	18,98	17,98	15,43	17,96	22,31	21,37
8	900	1020	9996	2499000	14,96	18,89	17,82	15,33	17,83	22,23	21,3
9	1000	1120	10976	2744000	14,87	18,8	17,72	15,23	17,73	22,13	21,2
10	1100	1220	11956	2989000	14,78	18,7	17,62	15,13	17,62	22,05	21,13
11	1200	1320	12936	3234000	14,7	18,6	17,5	15,02	17,51	21,95	21,04



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

12	1300	1420	13916	3479000	14,6	18,5	17,38	14,91	17,39	21,84	20,94
13	1400	1520	14896	3724000	14,53	18,41	17,26	14,81	17,28	21,78	20,89
14	1500	1620	15876	3969000	14,45	18,32	17,17	14,7	17,17	21,71	20,83
15	1600	1720	16856	4214000	14,37	18,24	17,07	14,6	17,05	21,6	20,73



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

HASIL PENGUJIAN PELAT BETON

No
Sample : SF-0,51-B
Type : STEEL FIBER
Size : (175x60x15)cm
Date of Mixed :
Project : Penelitian Tugas Akhir
Address : UI, Depok

No.	Kode Pengujian	Beban (Kg)	Beban Total (N)	Momen (N.mm)	Hasil Bacaan 0,51 B						
					1	2	3	4	5	6	7
					bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	0	16,01	16,8	17,18	16,5	17,9	21,69	15,2
2	+60	120	1176	294000	15,95	16,72	17,07	16,4	17,79	21,66	15,19
3	200	320	3136	784000	15,75	16,51	16,89	16,23	17,61	21,54	15,09
4	400	520	5096	1274000	15,7	16,47	16,64	16	17,36	21,36	14,91
5	600	720	7056	1764000	15,54	16,31	16,4	15,77	17,12	21,18	14,74
6	700	820	8036	2009000	15,47	16,23	16,28	15,66	17	21,09	14,66
7	800	920	9016	2254000	15,46	16,21	16,2	15,58	16,93	21,03	14,62
8	900	1020	9996	2499000	15,4	16,14	16,09	15,48	16,82	20,95	14,54
9	1000	1120	10976	2744000	15,35	16,09	16	15,38	16,74	20,87	14,47
10	1100	1220	11956	2989000	15,31	16,04	15,89	15,28	16,63	20,8	14,4
11	1200	1320	12936	3234000	15,27	15,98	15,79	15,18	16,53	20,72	14,33



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp.7874878 – 7270029 (Ext.18) – 7270028 (Fax)

12	1300	1420	13916	3479000	15,19	15,89	15,68	15,08	16,44	20,65	14,27
13	1400	1520	14896	3724000	15,13	15,82	15,59	14,99	16,35	20,56	14,2
14	1500	1620	15876	3969000	15,08	15,73	15,46	14,89	16,25	20,46	14,12
15	1600	1720	16856	4214000	15,04	15,68	15,38	14,81	16,17	20,4	14,07
16	1700	1820	17836	4459000	14,98	15,62	15,28	14,7	16,06	20,3	13,97
17	1800	1920	18816	4704000	14,93	15,57	15,19	14,62	15,98	20,25	13,93
18	1900	2020	19796	4949000	14,9	15,54	15,11	14,53	15,9	20,18	13,86
19	2000	2120	20776	5194000	14,85	15,48	15	14,43	15,8	20,08	13,77
20	2100	2220	21756	5439000	14,84	15,46	14,96	14,39	15,76	20,05	13,74
21	2200	2320	22736	5684000	14,78	15,4	14,87	14,3	15,65	19,98	13,68
22	2300	2420	23716	5929000	14,72	15,33	14,8	14,22	15,58	19,9	13,61

LAMPIRAN B
HASIL UJI MATERIAL





LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia (021) Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

No.Surat : /H/LAB./FTUI/CS/...../.....
 Untuk :
 Proyek : Penelitian Tugas Akhir
 Alamat : UI, Depok

HASIL UJI KUAT TEKAN BETON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

NO.	TANGGAL		UMUR (HARI)	KODE	BENTUK & LUAS PENAMPANG (CM2)	SLUMP (CM)	BERAT (KG)	BEBAN (TON)	TEGANGAN	KETERANGAN
	DICOR	DITEST								
1	06 FEB 2011	13 APR 2011		BM-1			11,939	50	341,11	
2	06 FEB 2011	13 APR 2011		BM-2			11,699	54,5	371,8	
3	06 FEB 2011	13 APR 2011		BM-3			11,706	41,5	283,12	
4	06 FEB 2011	13 APR 2011		BM-4			11,622	45	307	
5	06 FEB 2011	13 APR 2011		BM-5			11,801	49,5	310,41	
6	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,19-1			11,731	54,5	371,8	
7	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,19-2			11,796	52	354,15	
8	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,19-3			11,872	45,5	310,41	
9	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,19-4			11,872	52	354,76	
10	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,19-5			11,717	45	307	
11	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,32-1			11,803	49,5	337,7	
12	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,32-2			11,968	52,5	358,17	
13	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,32-3			11,797	51	347,93	
14	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,32-4			11,871	49,5	337,7	
15	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,32-5			11,782	50	341,11	
16	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,51-1			11,883	52,83	350,07	
17	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,51-2			11,797	56,79	379,33	
18	06 FEB 2011	13 APR 2011		SF 0,51-3			11,782	56,18	370,18	

SILINDER
(15 x 30 cm)

Ditest oleh :
 Diperiksa oleh :

Depok, 21 JUNI 2011

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia (021) Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

No.Surat : /H/LAB./FTUI/CS/...../.....

Untuk :

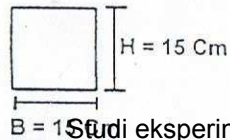
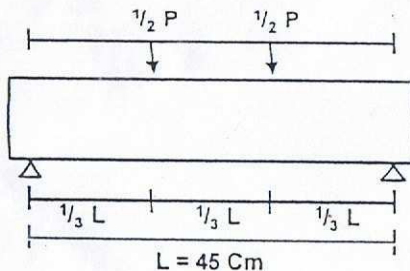
Proyek : Penelitian Tugas Akhir

Alamat : UI, Depok

HASIL TEST LENTUR BALOK BETON CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST

NO.	TANGGAL		UMUR (HARI)	KODE	BENTUK & LUAS PENAMPANG (Cm ²)	BENTANG (L) (Cm)	DIMENSI		BEBAN (P) (Kg)	W 1/5.b.h ² (Cm ³)	MOMEN LENTUR M = 1/6.P.L	TEGANGAN LENTUR (MW)	KETERANGAN
	DICOR	DITEST					(b) (Cm)	(h) (Cm)					
1	08/02/11			BM-1		60	15	15	25	562,9	375	5,196	
2	08/02/11			BM-2		60	15	15	30	562,5	450	6,044	
3	06/02/11			BM-3		60	15	15	27	562,5	405	5,511	
4	06/02/11			SF 0,19-1		60	15	15	30	562,5	450	6,044	
5	06/02/11			SF 0,19-2		60	15	15	35	562,5	525	6,933	
6	06/02/11			SF 0,19-3		60	15	15	27	562,5	405	5,511	
7	06/02/11			SF 0,32-1		60	15	15	34	562,5	510	6,756	
8	06/02/11			SF 0,32-2		60	15	15	33	562,5	495	6,578	
9	06/02/11			SF 0,32-3		60	15	15	32	562,5	480	6,4	
10	13/03/11			SF 0,51-1		60	15	15	39	562,5	525	6,788	
11	13/03/11			SF 0,51-2		60	15	15	36	562,5	540	7,360	
12	13/03/11			SF 0,51-3		60	15	15	32	562,5	480	6,086	

DETAIL GAMBAR:



Depok, 21 Juni 2011

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

No.Surat : /H/LAB./FTUI/CS/...../2008.

Untuk :
 Proyek : Penelitian Tugas Akhir
 Alamat : UI, Depok





HASIL UJI KUAT BELAH BETON TEST RESULT OF SPLITTING TENSILE OF CONCRETE (ASTM C.496M-04)







No.	Tanggal		Umur (hari)	Kode	Bentuk Sampel	Tinggi (l) (cm)	Diameter (d) (cm)	Beban Maximum (P)	Kuat Belah (T)	Keterangan
	Dicor	Dites								
1	06 FEB 2011	12 APRIL 2011		BM-1	SILINDER	30 cm	15 cm	25	3,470	$T = 2.P/\pi.l.d$
2			BM-2	24,5				3,4		
3			BM-3	17				2,359		
4			BM-4	20,5				2,845		
5			BM-5	21				2,914		
6			SF 0,19-1	23				3,192		
7			SF 0,19-2	22				3,053		
8			SF 0,19-3	16,5				2,29		
9			SF 0,19-4	21,5				2,984		
10			SF 0,19-5	22				3,053		
11			SF 0,32-1	24				3,331		
12			SF 0,32-2	20				2,776		
13			SF 0,32-3	17,5				2,429		
14			SF 0,32-4	24,5				3,4		
15			SF 0,32-5	20				2,776		
16			SF 0,51-1	25				3,47		
17			SF 0,51-2	27,5				3,817		

Depok, 21 Juni 2011







Ditest oleh : MSN
 Diperiksa oleh :

LAMPIRAN C
DOKUMENTASI PENELITIAN

	
<p style="text-align: center;">Bekisting Pelat Benchmark</p>	<p style="text-align: center;">Bekisting Pelat SF</p>
	
<p style="text-align: center;"><i>Mold</i> Silinder</p>	<p style="text-align: center;">Mold Balok lentur</p>

	
<p>Penimbangan <i>Steel Fiber</i></p>	<p>Penimbangan uji silinder</p>
	
<p>Pengujian lentur</p>	<p>Pengujian Geser</p>
	
<p>Pengujian Tekan</p>	<p>Pengujian Tarik Belah</p>

	
<p>Hasil Uji Lentur dengan <i>Steel Fiber</i></p>	<p>Hasil Uji Lentur Beton Biasa</p>
	
<p>Hasil Uji Geser <i>Steel Fiber</i></p>	<p>Hasil Uji Geser Beton Biasa</p>
	
<p>Hasil Uji Tarik Belah dengan <i>Steel Fiber</i></p>	<p>Hasil Uji Tarik Belah Beton Biasa</p>

	
<p>Pengujian Pelat</p>	<p>Posisi Dial</p>
	
<p>Posisi Dial</p>	<p>Pengukuran Jack untuk Pelat</p>
	
<p>Benda Uji yang Telah Dites</p>	<p>Dokumentasi</p>