



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN  
*STEEL FIBER* TERHADAP KEKUATAN  
*HCS CAST INSITU NON-PRATEGANG***

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik**

**MARSHA NIKEN PRABANDANI**

**0706266411**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS INDONESIA**

**JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

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

Nama : Marsha Niken Prabandani  
NPM : 0706266411  
Tanda tangan :   
Tanggal : 21 Juni 2011

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Marsha Niken Prabandani  
NPM : 0706266411  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan *Steel Fiber*  
Terhadap Kekuatan *HCS CastInsitu* Non-Prategang

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr-Ing. Josia Irwan Rastandi, ST, MT  
Pembimbing : Mulia Orientilize, ST, M.Eng  
Penguji : Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA  
Penguji : Ir. H. Madsuri, MT



Handwritten signatures of the examiners, including the names of the supervisors and examiners, written in blue ink.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 21 Juni 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah Swt, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari tanpa dukungan, bantuan, dan bimbingan berbagai pihak dari masa perkuliahan sampai penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit untuk menyelesaikan semuanya. Oleh karena itu saya mengucapkan terimakasih sedalam-dalamnya kepada.

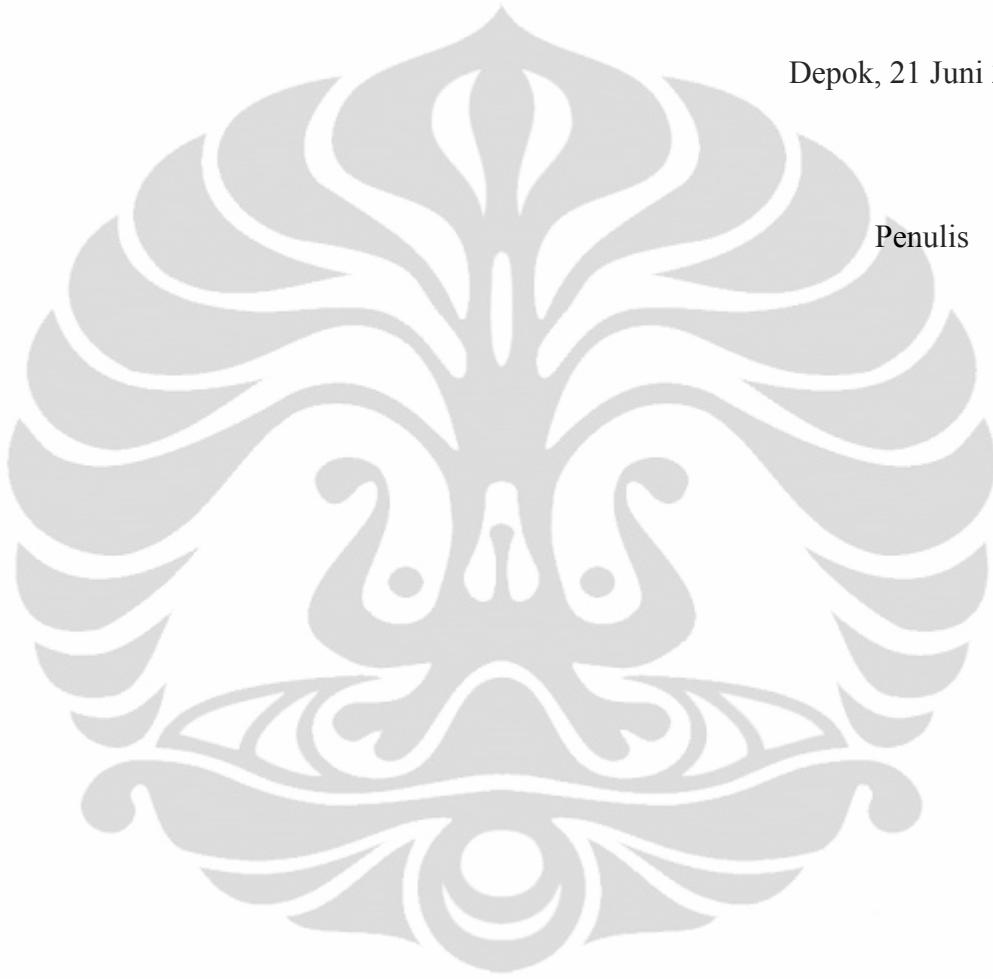
1. Prof. Dr. Ir. Irwan Katili, selaku Kepala Departemen Teknik Sipil FTUI.
2. Dr-Ing. Josia I. Rastandi selaku dosen pembimbing yang telah banyak menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih Pak telah memberi bimbingan dan pengarahan, serta asistensi sampai larut malam.
3. Mulia Orientilize, ST, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah banyak menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih Ibu untuk selalu ada, dan mendampingi kami dalam melakukan penelitian ini dan memberi semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA selaku dosen penguji dan Kepala Laboratorium Struktur dan Material. Telah mengizinkan untuk melakukan penelitian di Laboratorium Struktur dan Material, serta membuat “taman pelat” di halaman belakang lab.
5. Ir. H. Madsuri, MT selaku dosen penguji sidang skripsi
6. Dr. Ir. Heru Purnomo, DEA selaku dosen penguji sidang seminar
7. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral. Terima kasih terutama untuk Mama, bundaku tersayang yang selalu mengarahkan dan memberi dukungan yang tak ternilai selama saya menjalani kuliah di Teknik Sipil UI. Thanks for all elder brothers and sisters, terutama Mbak Ratih.

8. Partner penelitian; Abimantrana, Dimas Aries Chandra, dan Krisna Adi Surya. Super-duper-inifinite-makasih brays sudah bersama dalam suka-duka penelitian kita. Priceless time.
9. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia lainnya yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya yang tak ternilai;
10. Seluruh staf Departemen Teknik Sipil dan Laboratorium Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan. Terima kasih Pak Pri, Pak Idris, Pak Yudi, Mas Supri, dan lain-lain .
11. Sahabat-sahabat dan teman-teman yang telah banyak membantu penelitian maupun yang telah banyak mendukung saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Thanks anak-anak struktur; M.Rizqi, Dian, Indra, Ayu Widya, Andrew, Rino, Rais, Eric,dll untuk semangat belajar bersamanya dan semangat untuk menjalani tahun terakhir. Thanks to Adisty, Preta, Nino beloved partners in crime. Thanks to Mahisha dan Mario, dari teman sekelompok tugas, hampir selalu sekelas, sampai sobat menggila. Thanks to Heru yang ikut juga dalam penelitian ini. Dan teman-teman lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
12. Untuk my little blue magnificent “Ucok” B 1258 IK, yang selalu mengantarkan penulis menjalani empat tahun kuliah terutama hari-hari panjang penelitian.
13. Untuk Mang Aep, Pak Nardi, Mang Ade, Pak Widodo atas bantuan tenaga dan keterampilan, dari proses persiapan, perbaikan bekisting sampai tengah malam di lapangan EC, proses pengecoran, mobilisasi pelat, dll.
14. Untuk Bumblebee si forklift, Babam si bambu besar, Ferarri dan Optimus Prime si dongkrak buaya, semua dial-dial di lab, dan semua peralatan di Lab.
15. Untuk semua yang telah berperan, mendukung, menyemangati saya dalam menjalani kuliah hingga menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap ALLAH Swt berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknik sipil.

Depok, 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 : Marsha Niken Prabandani  
NPM : 0706266411  
Program Studi : Teknik Sipil  
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 PENGARUH PENAMBAHAN *STEEL FIBER* TERHADAP KEKUATAN HCS *CAST INSITU* NON-PRATEGANG

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan 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



( Marsha Niken Prabandani )

## ABSTRAK

Nama : Marsha Niken Prabandani

Program Studi : Teknik Sipil

Judul : Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan *Steel Fiber*  
Terhadap Kekuatan HCS Cast Insitu Non-Prategang.

*Steel fiber* dan *Hollow-core-slab* merupakan inovasi-inovasi baru yang telah banyak diterapkan dalam dunia konstruksi. Berdasar pada teori tegangan lentur di tengah penampang yang sama dengan nol, maka dibuat *void* pada tengah penampang untuk mengurangi volume beton adalah tujuan dari HCS. HCS yang pada umumnya diproduksi dalam bentuk *precast* dengan perkuatan pretegang membuatnya mahal untuk diaplikasikan. Maka dilakukan penelitian ini, yaitu HCS dengan sistem pengecoran insitu dan tanpa prategang yang memanfaatkan limbah botol air mineral sebagai pembuat lubang. Telah diketahui dari berbagai penelitian bahwa *steel fiber* meningkatkan secara signifikan kuat geser, kuat tarik belah, dan kuat lentur dari beton. Maka dalam penelitian ini peningkatan kekuatan lentur dari struktur digunakan bahan tambah *steel fiber* dengan variasi volume fraksi 0,19% dan 0,32%. Penelitian ini menggunakan benda uji pelat berukuran 15 cm x 60 cm x 175 cm yang dibebani hingga mencapai kekuatan lentur maksimum. Didapatkan bahwa dengan komposisi *steel fiber* 0,19% terdapat peningkatan kekuatan sebesar 19%-22%, sedangkan untuk komposisi 0,32% peningkatan kekuatan berkisar 26%-42%.

Kata kunci:

HCS, limbah botol air mineral, kekuatan lentur, *steel fiber*.



## ABSTRACT

Name : Marsha Niken Prabandani  
Major : Civil Engineering  
Thesis title : Experimental Study of the Effect of Steel Fiber Addition to the Strength of Non-Prestressed Cast-In-Site Hollow Core Slab.

Steel fiber and Hollow-core-slab are some new innovations that has been widely applied in the construction world. Based on the theory of bending stress section in mid-area which is equal to zero, then the void could be created in the middle section to reduce the volume of concrete. HCS are generally produced in precast with prestressed then made it expensive to apply. Then carried out this research, to try HCS with cast-in-site system and using waste of mineral water bottle for made the hole. It is known from various studies that steel fiber significantly increasing the shear strength, split tensile strength, and flexural strength of concrete. So in this research, to increasing flexural strength of structure, steel fiber added with 0,19% and 0,32% fraction volume. The dimension of slab that used in this research is 15cm x 60 cm x 75 cm which weighed up to maximum flexural strength. It was found that the composition of 0,19 % steel fibers increase strength by 19%-22%, while for the 0,32% steel fiber composition increase strength ranged by 26%-42%

Keyword :

HCS, waste of mineral water bottle, flexural strength steel fiber.

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pernyataan Keaslian.....	iii
Lembar Pengesahan .....	iv
Kata Pengantar .....	v
Halaman Persetujuan Publikasi Ilmiah .....	viii
Abstrak.....	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Tabel .....	xvii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    LATAR BELAKANG .....	1
1.2    TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3    RUANG LINGKUP MASALAH.....	2
1.4    METODOLOGI PENELITIAN.....	3
1.5    SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
<b>BAB 2 STUDI LITERATUR .....</b>	<b>6</b>
2.1    BETON.....	6
2.1.1    MATERIAL DASAR PEMBENTUK BETON .....	6
2.1.1.1    Semen.....	6
2.1.1.2    Agregat.....	8
2.1.1.3    Air.....	9
2.1.2    KARAKTERISTIK DASAR BETON .....	10
2.1.2.1    Kuat Tekan .....	10
2.1.2.2    Kuat Tarik.....	11
2.1.2.3    Kurva Tegangan-Regangan dan Modulus Elastisitas pada Beton .....	12
2.1.2.4    Persamaan untuk Diagram Tegangan-Regangan pada Pembebanan Tekan.....	16
2.2    BETON BERTULANG.....	17
2.2.1    KARAKTERISTIK DASAR BETON BERTULANG.....	18
2.2.2    KELEBIHAN DAN KEKURANGAN BETON BERTULANG.....	19
2.3    PELAT BETON BERTULANG.....	20
2.3.1    PELAT SATU ARAH .....	21
2.3.2    INOVASI PELAT BETON.....	23
2.4    STEEL FIBER.....	26
2.4.1    PROPERTI STEEL FIBER .....	28

BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1	RENCANA PENELITIAN.....	29
3.1.2	DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	30
3.1.3	PENJADWALAN PENELITIAN .....	32
3.2	METODE PENGUJIAN.....	33
3.2.1	METODE PENGUJIAN BETON SEGAR.....	33
3.2.2	METODE PENGUJIAN BETON YANG TELAH MENERAS .....	34
3.2.2.1	Benda Uji.....	35
3.2.2.2	Jenis-jenis Pengujian.....	37
3.2.3	METODE PENGUJIAN BAJA .....	44
3.2.4	METODE PENGUJIAN STRUKTUR .....	45
3.2.4.1	Benda Uji.....	45
3.2.5	METODE PEMBUATAN BENDA UJI.....	46
3.2.6	PEKERJAAN PERSIAPAN .....	46
3.2.7	PROSES PENGECORAN .....	47
3.2.8	PROSES PERBAIKAN .....	48
3.2.9	METODE PENGUJIAN PELAT .....	51
BAB 4	HASIL DAN ANALISA .....	52
4.1	GAMBARAN UMUM .....	52
4.2	HASIL PENGUJIAN.....	55
4.2.1	UJI MATERIAL .....	55
4.2.1.1	Kuat Tekan Beton.....	55
4.2.1.2	Kuat Tarik Belah Beton.....	57
4.2.1.3	Kuat Lentur Beton.....	59
4.2.1.4	Kuat Geser Beton .....	60
4.2.2	UJI PELAT.....	62
4.2.2.1	HCS 5 VOID.....	63
4.2.2.2	HCS SF 0,19%.....	66
4.2.2.3	HCS SF 0,32%.....	70
4.3	ANALISIS HASIL .....	77
4.3.1	JENIS KEGAGALAN .....	77
4.3.2	KAPASITAS P MAKSIMUM .....	79
BAB 5	KESIMPULAN.....	86
5.1	KESIMPULAN .....	86
5.2	SARAN.....	86

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1 RENCANA PENELITIAN .....	29
3.1.2 DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	30
3.1.3 PENJADWALAN PENELITIAN .....	32
3.2 METODE PENGUJIAN.....	33
3.2.1 METODE PENGUJIAN BETON SEGAR.....	33
3.2.2 METODE PENGUJIAN BETON YANG TELAH MENERAS.....	34
3.2.2.1 Benda Uji.....	35
3.2.2.2 Jenis-jenis Pengujian.....	37
3.2.3 METODE PENGUJIAN BAJA .....	44
3.2.4 METODE PENGUJIAN STRUKTUR.....	45
3.2.4.1 Benda Uji.....	45
3.2.5 METODE PEMBUATAN BENDA UJI.....	46
3.2.6 PEKERJAAN PERSIAPAN .....	46
3.2.7 PROSES PENGECORAN .....	47
3.2.8 PROSES PERBAIKAN .....	48
3.2.9 METODE PENGUJIAN PELAT .....	51
BAB 4 HASIL DAN ANALISA.....	52
4.1 GAMBARAN UMUM .....	52
4.2 HASIL PENGUJIAN .....	55
4.2.1 UJI MATERIAL.....	55
4.2.1.1 Kuat Tekan Beton.....	55
4.2.1.2 Kuat Tarik Belah Beton.....	57
4.2.1.3 Kuat Lentur Beton .....	59
4.2.1.4 Kuat Geser Beton .....	60
4.2.2 UJI PELAT .....	62
4.2.2.1 HCS 5 VOID .....	63
4.2.2.2 HCS SF 0,19%.....	66
4.2.2.3 HCS SF 0,32%.....	70
4.3 ANALISIS HASIL .....	77
4.3.1 JENIS KEGAGALAN .....	77
4.3.2 KAPASITAS P MAKSIMUM.....	79
BAB 5 KESIMPULAN.....	86
5.1 KESIMPULAN .....	86
5.2 SARAN.....	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengaruh rasio air-semen terhadap kekuatan beton .....	11
Gambar 2.2 Modulus elastisitas tangen dan sekan.....	13
Gambar 2.3 Kurva tegangan-regangan tipikal pada beton .....	14
Gambar 2.4 Diagram tegangan-regangan .....	17
Gambar 2.5 Distribusi Tegangan Ekuivalen.....	19
Gambar 2.6 Distribusi Tegangan Lentur dan Geser pada Penampang Slab .....	25
Gambar 2.7 Bundelan Steel Fiber .....	27
Gambar 2.8 Diagram Tegangan Regangan Fiber Reinforced Concrete .....	28
Gambar 2.9 Diagram Tegangan Regangan Fiber Reinforced Concrete (FRC) ...	28
Gambar 2.10 Peningkatan Dosis vs. Peningkatan Daktilitas .....	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Rencana Penelitian.....	31
Gambar 3.2 Kerucut Abrams .....	34
Gambar 3.3 Pengukuran Slump .....	34
Gambar 3.4 Jenis-jenis bentuk keruntuhan.....	38
Gambar 3.5 Penempatan benda uji tarik belah.....	40
Gambar 3.6 Posisi spesimen uji kuat lentur.....	41
Gambar 3.7 Spesimen Kuat Geser .....	43
Gambar 3.8 Bekisting dengan satu set tulangan dan rangkaian botol.....	47
Gambar 3.9 Proses mencampur <i>steel fiber</i> dengan beton segar.....	48
Gambar 3.10 Proses pengecoran pelat pada bekisting.....	48
Gambar 3.11 <i>Chipping</i> dan <i>Grouting</i> .....	50
Gambar 3.12 Skema Gaya Dalam Center Point Loading .....	51
Gambar 3.13 Skema Gaya Dalam Third Point Loading.....	52
Gambar 3.14 Penempatan Benda Uji dan Posisi Dial.....	52
Gambar 3.15 Tampak atas posisi dial .....	52
Gambar 4.1 Cacat Pada Benda Uji .....	54
Gambar 4.3 Uji Tekan Beton .....	56
Gambar 4.4 Uji Tarik Belah.....	58

Gambar 4.5 Benda Uji Kuat Lentur .....	60
Gambar 4.6 Benda Uji Kuat Geser .....	61
Gambar 4.7 Momen-kurvatur Beton Bertulang .....	62
Gambar 4.8 Grafik P vs $\Delta$ HCS 5 Void-1 .....	63
Gambar 4.9 Grafik M vs $\theta$ HCS 5 Void-1 .....	63
Gambar 4.10 Grafik P vs $\Delta$ HCS 5 Void-2 .....	64
Gambar 4.11 Grafik M vs $\Delta\theta$ HCS 5 Void-2.....	64
Gambar 4.12 Grafik P vs $\Delta$ HCS 5 Void-3 .....	65
Gambar 4.13 Grafik M vs $\theta$ HCS 5 Void-3 .....	65
Gambar 4.14 Grafik P vs $\Delta$ HCS SF 0,19%-1 .....	66
Gambar 4.15 Grafik M vs $\theta$ HCS SF 0,19%-1 .....	67
Gambar 4.16 Pola Retak HCS SF 0,19%-1 Sisi 2 .....	67
Gambar 4.17 Pola Retak HCS SF 0,19%-1 Sisi 1 .....	68
Gambar 4.18 Grafik P vs $\Delta$ HCS SF 0,19%-3 .....	68
Gambar 4.19 Grafik M vs $\theta$ HCS SF 0,19%-3 .....	69
Gambar 4.20 Pola Retak HCS SF 0,19%-3 Sisi 1 .....	69
Gambar 4.21 Pola Retak HCS SF 0,19%-3 Sisi 2 .....	70
Gambar 4.22 Grafik P vs $\Delta$ HCS SF 0,32%-1 .....	71
Gambar 4.23Grafik M vs $\theta$ HCS SF 0,32%-1 .....	71
Gambar 4.24 Pola Retak HCS SF 0,32%-1 Sisi 2 .....	72
Gambar 4.25 Pola Retak HCS SF 0,32%-1 Sisi 1 .....	72
Gambar 4.26 Grafik P vs $\Delta$ HCS SF 0,32%-2 .....	73
Gambar 4.27 Grafik M vs $\theta$ HCS SF 0,32%-2 .....	73
Gambar 4.28 Pola retak benda uji HCS SF 0,32%-2 sisi 2.....	74
Gambar 4.29 Pola retak benda uji HCS SF 0,32%-2 sisi 1 .....	74
Gambar 4.30 Grafik P vs $\Delta$ HCS SF 0,32%-3 .....	75
Gambar 4.31 Grafik M vs $\theta$ HCS SF 0,32%-3 .....	75
Gambar 4.32 Pola Retak Benda Uji HCS SF 0,32%-3 Sisi 1 .....	76
Gambar 4.33 Pola Retak Benda Uji HCS SF 0,32%-3 Sisi 2 .....	76
Gambar 4.34 Kondisi steel fiber di dalam beton saat retak .....	77

Gambar 4.35	Sketsa Pola Retak Benda Uji HCS Steel Fiber .....	78
Gambar 4.36	Sketsa Pola Retak Benda Uji HCS 5 Void.....	79
Gambar 4.37	Grafik P vs $\Delta$ - 5 Void dan SF 0,19% .....	80
Gambar 4.38	Grafik P vs $\Delta$ - 5 Void dan SF 0,32% .....	81
Gambar 4.39	Grafik M vs $\theta$ - 5 Void dan SF 0,19% .....	82
Gambar 4.40	Grafik M vs $\theta$ - 5 Void dan SF 0,32% .....	83



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Semen Portland.....	8
Tabel 2.2 Persyaratan Gradasi Agregat untuk Beton Normal ( <i>ASTM C-33</i> ) .....	9
Tabel 2.3 Jenis-Jenis <i>Steel Fiber</i> .....	28
Tabel 3.1 Jadwal rencana Awal Penelitian .....	32
Tabel 3.2 Spesifikasi Benda Uji Material Beton.....	35
Tabel 4.1 Detail Benda Uji .....	52
Tabel 4.2 Data Benda Uji Kuat Tekan Pengecoran Tahap I.....	55
Tabel 4.3 Data Benda Uji Kuat Tekan Pengecoran Tahap II.....	56
Tabel 4.4 Uji Kuat Tarik Belah Pengecoran I.....	57
Tabel 4.5 Uji Kuat Tarik Belah Pengecoran II .....	58
Tabel 4.6 Uji Kuat Lentur Pengecoran Tahap I.....	59
Tabel 4.7 Uji Kuat Lentur Pengecoran Tahap II.....	59
Tabel 4.8 Uji Kuat Geser Pengecoran Tahap I .....	60
Tabel 4.9 Uji Kuat Geser Pengecoran Tahap II.....	61
Tabel 4.10 Perbandingan P Maksimum Pengecoran I.....	84
Tabel 4.11 Perbandingan P Maksimum Pengecoran II.....	84



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Hollow Core Slab* atau pelat dengan lubang merupakan terobosan komponen struktural bangunan yang telah dipublikasikan sejak tahun 1988 dan sekarang ini telah banyak diaplikasikan sebagai pelat lantai pada gedung bertingkat. Lubang pada HCS akan mengurangi volume beton sehingga mengurangi berat sendiri pelat yang berarti mengurangi berat bangunan secara menyeluruh sehingga beban rencana gempa akan berkurang. HCS juga telah mengalami inovasi teknologi, yaitu *prestressed-precast*. Sehingga selain mereduksi beban rencana gempa, penggunaan HCS akan meningkatkan kapasitas kekuatan, mengurangi biaya bekisting di lapangan, meningkatkan efisiensi waktu pelaksanaan konstruksi, dan kualitas lebih terkendali karena pengecoran dan proses *curing* dilaksanakan di pabrik.

Akan tetapi proses *tendon-stressing* dan pembuatan lubang pada HCS *precast-prestressed* ini harus dilaksanakan di pabrik, yang berakibat harga HCS menjadi cukup mahal sehingga penggunaannya terbatas pada gedung-gedung bertingkat. Oleh karena itu, jika proses pembuatan HCS dapat dilaksanakan secara *cast-in-situ* dan tanpa teknologi *prestressed* maka akan mengurangi harga HCS sehingga dapat diaplikasikan tidak terbatas pada gedung bertingkat.

Seperti yang diketahui dari diagram *equivalent rectangular stress distribution* atau yang lebih dikenal dengan diagram *Whitney* bahwa tegangan tarik dan tekan tidak diderita pada penampang bagian tengah, akan tetapi dapat dilihat dari diagram tegangan geser, nilai maksimum berada di tengah penampang. Sehingga pengurangan volume beton pada bagian tengah penampang akan berdampak pada berkurangnya kekuatan geser pelat.

Sekaligus untuk menjadikan produk HCS yang ramah lingkungan, digunakan botol plastic air mineral ukuran 1,5 liter sebagai lubangny.

Sifat beton yang *brittle* dan dominan menahan tekan harus diimbangi dengan sifat *ductile* dan kekuatan untuk menahan tekan agar komponen pelat memiliki kekuatan *tension* dan *flexural* yang memadai dengan penambahan penulangan pada pelat. Dewasa ini telah banyak penemuan yang dapat meningkatkan kapasitas beton, salah satunya adalah *steel fiber reinforced*. Di berbagai jurnal ilmiah, diketahui bahwa *steel fiber* meningkatkan kekuatan *tension* dan *compression* secara signifikan. *Dramix steel fiber* salah satu *steel fiber* yang telah diproduksi secara massal dan fabrikasi yang akan digunakan sebagai campuran beton. Karena akan dibuat secara *cast insitu* maka akan sulit dan mahal untuk mengaplikasi sistem *prestressed*, kemudian dipilih perkuatan dengan metode penambahan *steel fiber* pada beton.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat mekanik yaitu, kekuatan nominal momen dan geser dari HCS *cast-in-site* non prategang dengan menggunakan limbah botol plastik sebagai lubang dan pengaruh dari penambahan *steel fiber* untuk dapat melihat peningkatan kekuatan melalui studi eksperimental.

Berikut adalah output dari hasil studi eksperimental adalah:

- Kapasitas *ultimate* pelat (P Max )
- Nilai lendutan

## 1.3 Ruang Lingkup Masalah

Ruang lingkup dari pembahasan skripsi ini mencakup:

- Studi literatur dan perancangan awal terhadap percobaan HCS.
- Melakukan eksperimen untuk mendapat nilai P Max dan nilai lendutan pada saat pengujian.
- Melihat jenis kegagalan awal dan akhir yang terjadi pada pelat.

- Melakukan analisa hasil dari percobaan melalui perbandingan dengan pelat HCS *Cast Insitu Non-Prategang 5 Void*

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

- Kekuatan lentur HCS *steel fiber* akan bernilai lebih tinggi dibandingkan dengan HCS non-prategang biasa.
- Kekuatan lentur HCS *Steel fiber 0,32%* lebih tinggi dari dibandingkan HCS *steel fiber 0,19%*.

#### 1.4 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada studi eksperimental ini adalah dengan melakukan studi literature, membuat hipotesa, membuat metode percobaan, melakukan percobaan, pengolahan data percobaan, menganalisa hasil percobaan, dan membuat kesimpulan:

- Melakukan pengujian terhadap 4 buah sampel benda uji dari HCS *cast-in-site* dengan dimensi 600 mm x 150 mm x 1750 mm dengan persentase *steel fiber* dan 2 buah HCS tanpa campuran dengan dimensi yang sama sebagai pembanding.
- Menggunakan beton *readymix K300*.
- Menggunakan *Dramix Steel Fiber*
- Pengujian pelat yang dilakukan adalah pengujian *third point loading* di Laboratorium Departemen Teknik Sipil UI.
- Melakukan pengujian uji *slump* sebelum pengecoran dimulai
- Melakukan pengujian sampel kecil untuk melihat sifat campuran beton.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

### **Bab 1 Pendahuluan**

Berisi hal-hal mendasar yang terkait dengan pembahasan skripsi ini. Dalam bab ini, disebutkan latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah, tujuan dilakukannya penelitian, batasan ruang lingkup permasalahan yang ditinjau, hipotesis awal dari hasil studi eksperimental ini, serta metodologi penelitian yang akan dilakukan, dan sistematika penulisan skripsi ini.

### **Bab 2 Landasan Teori**

Landasan teori berisikan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian yang akan digunakan sebagai bahan analisa penelitian.

### **Bab 3 Metodologi Penelitian**

Berisi penjelasan mengenai metodologi penelitian yang dilakukan agar dapat diperoleh hasil studi eksperimental berupa nilai-nilai kekuatan yang dapat dianalisa dan ditarik kesimpulan untuk menjawab permasalahan yang ditinjau dalam skripsi ini.

### **Bab 4 Pengujian dan Pemodelan**

Berisi hasil studi eksperimental yang dilakukan. Dalam bab ini, akan dijabarkan secara rinci nilai-nilai kekuatan dan peralihan setiap benda uji.

### **Bab 5 Analisis Penelitian**

Berisi pembahasan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Pembahasan hasil eksperimen tersebut meliputi deskripsi tentang sebaran data yang diperoleh dari eksperimen yang dilakukan, serta analisis untuk menjelaskan hasil eksperimen tersebut berdasarkan dasar teori yang ada.

### Bab 6 Kesimpulan

Berisi kesimpulan dari analisis yang dilakukan pada bab lima. Kesimpulan yang dibuat merupakan jawaban dari tujuan penelitian dan pembuktian hipotesis. Dari hasil studi eksperimen yang dilakukan, ditarik sejumlah kesimpulan yang menjawab tujuan dan permasalahan yang mendasari dilakukannya penelitian ini. Di samping itu, dalam bagian ini disampaikan sejumlah saran agar penelitian yang telah dilakukan dapat dikembangkan.

### Lampiran

(Hasil proses perolehan data)

## BAB 2

### STUDI LITERATUR

#### 2.1 BETON

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan.

##### 2.1.1 Material Dasar Pembentuk Beton

Pada dasarnya beton terdiri dari bahan dasar air, semen, dan agregat halus maupun kasar. Tetapi pada proses perancangan campuran, dapat ditambahkan bahan tambah (*admixture*) untuk mendapatkan sifat beton yang diinginkan. Berikut akan dijelaskan setiap material dasar pembentuk beton.

###### 2.1.1.1 Semen

Deskripsi umum dari semen adalah material yang memiliki sifat perekat (*adhesive*) dan penyatuan (*cohesive*) sehingga memiliki kapabilitas untuk mengikat partikel-partikel mineral menjadi tersusun rapat. Untuk kegunaan dalam bidang konstruksi, definisi dari semen lebih kepada material pengikat yang digunakan dengan batuan, bata, pasir, dll.<sup>1</sup> Neville, A.M. "Properties of Concrete" 3rd Edition, London: Pitman Publishing, 1981

Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi semen adalah batu kapur, silica, alumina, dan oksida besi yang kemudian bereaksi satu sama lain di dalam kiln dengan suhu pengkilneran sekitar 1400°C sehingga membentuk butiran-butiran *klinker* yang berukuran sekitar  $\frac{1}{16}$  inch sampai dengan 2 inch. Butiran tersebut mengandung senyawa utama  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$ , dan  $C_4AF$ . senyawa-senyawa. Kekuatan semen merupakan hasil dari proses hidrasi saat terjadi reaksi kimia antara semen dan air. Senyawa-senyawa tersebut memiliki sumbangan sifat masing-masing pada kekuatan semen saat *setting time*. Persentasi  $C_3S$  yang tinggi akan meningkatkan kekuatan awal dari semen, kemudian dengan persentasi  $C_2S$  yang lebih tinggi dan proses perawatan lembab yang dilakukan

secara menerus maka tingkat kekuatan nantinya akan lebih besar.  $C_3A$  terhidrasi paling awal, sehingga memberikan sumbangan kekuatan dari saat pertama proses hidrasi semen.

Pada penggunaannya yang membutuhkan sifat-sifat semen tertentu, terdapat beberapa tipe semen Portland yang tersedia di pasaran. Tipe-tipe semen Portland adalah tipe I, II, III, IV, dan V.

Semen Portland tipe I adalah semen yang paling banyak dijumpai di pasaran dan paling sering digunakan dalam konstruksi untuk penggunaan umum yang tidak membutuhkan persyaratan khusus dan tidak terkspos dengan sulfat.

Semen Portland tipe II adalah tipe semen yang dikembangkan pertama kali di Amerika, memiliki laju pelepasan panas yang relatif rendah dan ketahanan terhadap sulfat yang cukup.

Semen Portland tipe III merupakan semen yang memiliki kekuatan awal yang tinggi. Tipe ini memiliki tiga jenis laju pengerasan, yaitu *rapid hardening portland cement*, *extra rapid hardening portland cement*, *ultra high early strength portland cement*. Kekuatan semen tipe *hardening portland cement* pada usia tiga hari sama dengan kekuatan semen Portland biasa pada usia tujuh hari dengan rasio air-semen yang sama. Kekuatan semen tipe *ultra high early strength portland cement* pada usia 16 jam sama dengan kekuatan semen Portland biasa pada usia 3 hari dan kekuatan pada usia 24 jam sama dengan kekuatan semen Portland biasa usia tujuh hari. Penggunaan semen tipe III ini mengindikasikan kebutuhan peningkatan kekuatan yang cepat, misalnya jika bekisting dilepas lebih awal untuk digunakan kembali.

Semen Portland tipe IV yaitu semen yang pada penggunaannya memerlukan pelepasan kalor hidrasi rendah. Semen ini digunakan untuk menghindari *crack* yang serius jika terjadi peningkatan panas akibat hidrasi berlebih pada konstruksi struktur beton yang sangat besar, seperti bendungan. Semen tipe ini hanya diproduksi sesuai permintaan khusus sehingga tidak siap tersedia.

Semen Portland tipe V merupakan semen yang dirancang memiliki ketahanan terhadap serangan sulfat. Ketahanan terhadap sulfat tipe ini lebih tinggi

dari tipe II. Biasa digunakan untuk bangunan limbah atau bangunan yang terkena air laut.

Tabel 2.1 Komposisi Semen Portland

Tipe Semen	Komponen (%)							Karakteristik Umum
	C <sub>3</sub> S	C <sub>3</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	CaSO <sub>4</sub>	CaO	MgO	
<b>Normal : I</b>	49	25	12	8	2,9	0,8	2,4	Semen untuk semua penggunaan
<b>Modifikasi : II</b>	45	29	6	12	2,8	0,6	3	Pembebasan panas relatif rendah, untuk struktur besar
<b>Kekuatan awal tinggi : III</b>	56	15	12	8	3,9	1,4	2,6	Kekuatan tinggi dalam 3 hari
<b>Panas rendah : IV</b>	30	46	5	13	2,9	0,3	2,7	Digunakan untuk dam dengan beton sangat besar
<b>Tahan sulfat: V</b>	43	36	4	12	2,7	0,4	1,6	Digunakan untuk saluran limbah dan struktur yang terbuka terhadap sulfat

Sumber: "Reinforced Concrete : A Fundamental Approach" Nawy, Edward. G. Prentice Hall, 2005

#### 2.1.1.2 Agregat

Agregat merupakan material pengisi dari beton yang menyumbang 60 % sampai 80 % dari volume beton tersebut. Baik agregat kasar maupun halus harus digradasikan agar mendapat hasil akhir beton yang padat, homogen, dan rapat.

Agregat diklasifikasikan sebagai agregat kasar jika butiran terkecilnya lebih besar dari ¼ inch, yang biasa berupa kerikil. Agregat halus adalah material pengisi yang ukurannya lebih kecil dari agregat kasar berupa material pasir dengan ukuran No. 4 sampai No. 100 sesuai standar ASTM.

Merujuk pada ACI 318-05 ukuran maksimum agregat kasar tidak boleh lebih dari:

- a)  $\frac{1}{5}$  jarak terkecil antara sisi-sisi bekisting
- b)  $\frac{1}{3}$  tinggi pelat



c)  $\frac{3}{4}$  jarak bersih minimum antar tulangan, kabel prategang, maupun tendon.

Agregat yang baik harus bersih dari bahan-bahan organik kotor, lempung, atau material yang ukurannya lebih kecil daripada saringan No.100 secara berlebihan.

Tabel 2.2 Persyaratan Gradasi Agregat untuk Beton Normal (*ASTM C-33*)

Ukuran Saringan - ASTM STANDARDS (inch)	Persentasi Lewat				
	Agregat Kasar				Agregat Halus
	4 in - 2 in	4 in - 1 1/2 in	4 in - 1 in	4 in - 3/4 in	
2	95-100	100	-	-	-
1 1/2	-	95-100	100	-	-
1	25-70	-	95-100	100	-
3/4	-	35-70	-	90-100	-
1/2	10-30	-	25-60	-	-
3/8	-	10-30	-	20-55	100
4	0-5	0-5	0-10	0-10	95-100
8	0	0	0-5	0-5	80-100
19	0	0	0	0	50-85
30	0	0	0	0	25-60
50	0	0	0	0	10-30
100	0	0	0	0	2-10

Sumber: "Reinforced Concrete : A Fundamental Approach" Nawy, Edward. G. Prentice Hall, 2005

#### 2.1.1.3 Air

Air merupakan komponen penting dalam proses pembuatan beton, khususnya untuk menghasilkan reaksi kimia pada semen dan membasahi agregat dan mempermudah pengerjaan.

Berdasarkan ACI 318-05 air yang digunakan untuk pencampuran adalah air bersih bebas dari minyak, asam, alkali, garam, material organik, dan zat-zat lain yang merusak beton maupun tulangan. Air untuk pencampuran beton prategang yang akan dimasukkan material aluminium (*ducting tendon*) tidak diperbolehkan mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

Jika menggunakan air yang tidak dapat diminum, ACI 318-05 mensyaratkan bahwa pemilihan proporsi beton berdasarkan air dari sumber yang sama dan kekuatan saat pengujian mortar kubus pada usia tujuh hari dan 28 hari paling tidak bernilai 90% kekuatan spesimen dengan air yang dapat diminum.

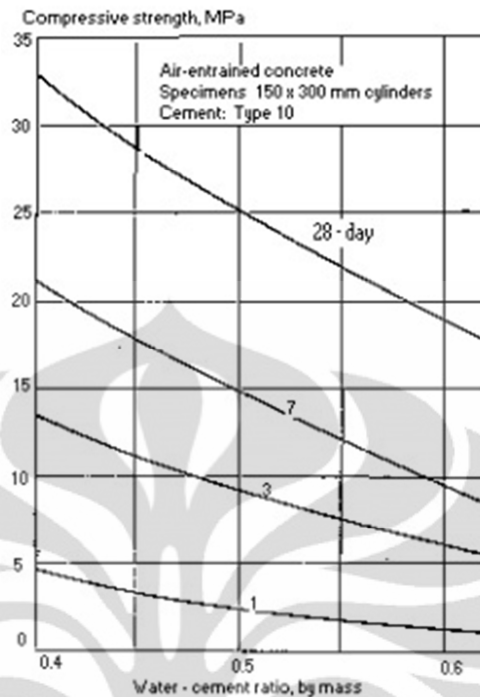
## 2.1.2 Karakteristik Dasar Beton

### 2.1.2.1 Kuat Tekan

Secara umum, istilah “kekuatan beton” didefinisikan sebagai kuat tekan akibat pembebanan aksial tunggal (*uniaxial*) yang diukur melalui uji tekan pada silinder uji standar. Kekuatan beton bergantung pada proporsi semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan berbagai zat tambahan dalam campuran (*admixtures*). Faktor yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah faktor air-semen (FAS). Sampai batas tertentu, semakin kuat suatu beton, semakin rendah faktor air-semennya.

Meski faktor air-semen berbanding terbalik dengan kekuatan beton, namun sebagaimana yang telah disebutkan, air dalam jumlah minimal tetap diperlukan agar reaksi kimia dalam pengerasan beton dapat terjadi.

Kekuatan beton pada umumnya diukur sebagai besaran yang disimbolkan dengan  $f_c'$ . Nilai ini merupakan kuat tekan beton berusia 28 hari dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.



Gambar 2.1 Pengaruh rasio air-semen terhadap kekuatan beton

#### 2.1.2.2 Kuat Tarik

Kekuatan tarik beton sangat rendah jika dibandingkan dengan kekuatan tekannya. Besar kuat tarik beton sekitar 8% hingga 15% dari kuat tekannya. Untuk menguji kekuatan tarik pada umumnya akan terbentuk pada masalah pencengkramannya pada mesin pengujian. Maka menggunakan metode pengujian tarik belah. Sesuai ASTM C-496/C-496M, sepanjang spesimen silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm akan dikenakan pembebanan tekan sepanjang silinder di sisi atas dan bawah. Maka tegangan yang terjadi adalah tegangan biaksial tekan dan tarik. Setelah melakukan percobaan dengan jumlah yang besar didapat nilai rata-rata dari kuat tarik belah beton dan hubungannya dengan kuat tekan sebesar: James Mac Gregor "Reinforced Concrete: Mechanics and Design"

$$\bar{f}_{ct} = 0.53 \sqrt{f'_c}$$

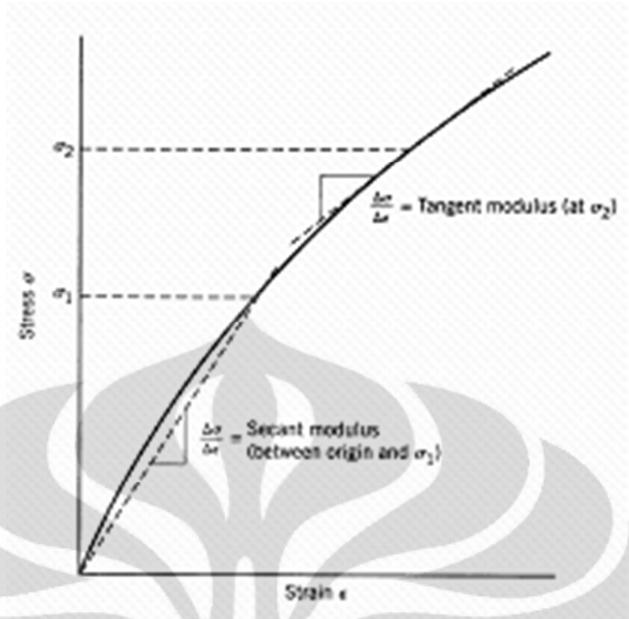
Selain itu kekuatan tarik beton juga dapat dilihat dari kekuatan tarik lenturnya atau nilai modulus kehancuran, melalui pengujian balok polos dengan

metode *third point loading*. Kemudian ACI 318-05 menetapkan nilai modulus kehancuran sebesar:

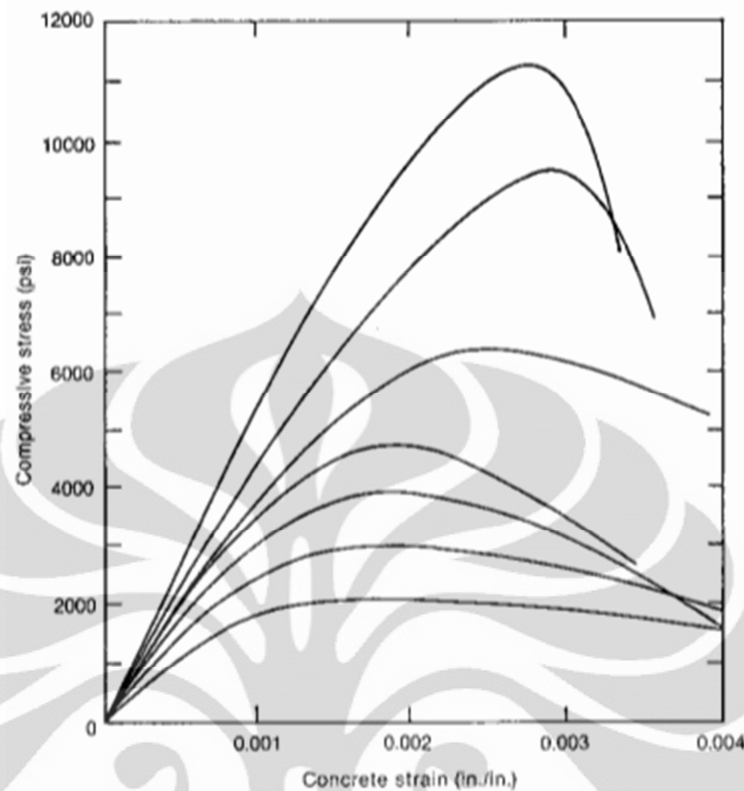
$$f_r = 7,5\sqrt{f_c'}$$

### 2.1.2.3 Kurva Tegangan-Regangan dan Modulus Elastisitas pada Beton

Karakteristik dan kekuatan beton bertulang selain dipengaruhi oleh ukuran dan bentuknya, juga dipengaruhi oleh sifat tegangan-regangan beton dan tulangnya. Terdapat sedikitnya tiga cara untuk menentukan modulus elastisitas pada beton. Nilai tangen dari suatu titik pada kurva tegangan-regangan menghasilkan nilai tangen modulus elastis,  $E_T$ . Modulus elastis pada titik awal kurva tegangan-regangan disebut sebagai *initial tangent modulus of elasticity*. Adapun modulus elastisitas tangen pada suatu tegangan tertentu adalah kemiringan garis yang menghubungkan titik awal dengan suatu titik pada kurva tegangan-regangan yang menunjukkan besar tegangan tersebut. Nilai ini umumnya didefinisikan dengan menggunakan titik yang nilainya adalah  $0,4 f_c'$ ; menunjukkan tegangan beban izin. Nilai modulus elastisitas memiliki satuan MPa/regangan, di mana regangan tidak memiliki satuan, sehingga satuan modulus elastisitas adalah MPa.



Gambar 2.2 Modulus elastisitas tangen dan sekan



Gambar 2.3 Kurva tegangan-regangan tipikal pada beton dalam berbagai kekuatan

Kurva tegangan-regangan tipikal pada beton dalam berbagai kekuatan ditunjukkan pada Gambar 5. Kurva tegangan-regangan tersebut seluruhnya meningkat hingga mencapai tegangan maksimal, yang dicapai ketika regangan mencapai 0,0015 hingga 0,003 dan diikuti dengan nilai tangean yang semakin menurun. Bentuk kurva seperti ini dihasilkan dari perubahan bentuk secara perlahan dari keretakan mikro di dalam struktur beton.

Kurva tegangan-regangan tersebut menunjukkan lima karakteristik yang digunakan dalam menurunkan model matematis untuk kurva tegangan-regangan pada beton yang mengalami tekan.

- (a) Kemiringan awal pada kurva (nilai modulus elastisitas tangen) meningkat seiring dengan peningkatan kuat tekan beton. Nilai Modulus elastisitas pada beton,  $E_c$ , dipengaruhi oleh modulus

elastisitas pasta semen dan agregat. Peningkatan faktor air-semen akan meningkatkan porositas pasta, serta menurunkan modulus elastisitas dan kekuatan beton. Oleh karena itu,  $E_c$  dihitung sebagai fungsi dari nilai  $f_c'$ .

Persamaan untuk nilai modulus elastisitas beton yang umumnya digunakan adalah:

$$E_c = 0,043(w^{1,5})\sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$$

di mana  $w$  adalah massa jenis beton dalam satuan  $\text{kg/m}^3$ . Persamaan ini diturunkan dari pengujian singkat pada beton dengan massa jenis  $1500 \text{ kg/m}^3$  hingga  $2500 \text{ kg/m}^3$ , dan menggunakan nilai modulus elastisitas sekan sebanding  $0,5 f_c'$ . Nilai tangent awal lebih besar 10 persen. Karena persamaan ini tidak memperhitungkan tipe agregat, keakuratan persamaan ini relatif rendah. Untuk itu, pengujian nilai  $E_c$  secara langsung perlu dilakukan apabila karakteristik lendutan dan getaran adalah kritis untuk diketahui.

Untuk beton dengan berat normal dan massa jenis  $2300 \text{ kg/m}^3$ , nilai modulus elastisitasnya adalah

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \text{ MPa}$$

- (b) Untuk perhitungan dengan komputer, porsi/bagian yang meningkat pada kurva tegangan-regangan seringkali diestimasikan sebagai parabola. Kurva tersebut cenderung menjadi semakin lurus seiring dengan kuat tekan yang meningkat.
- (c) Regangan maksimal,  $\epsilon_0$ , pada tegangan maksimal berbanding lurus dengan peningkatan kuat tekan beton.
- (d) Kemiringan kurva beton pada bagian yang menurun dihasilkan dari proses hancurnya struktur beton akibat penyebaran retak mikro dan retak secara keseluruhan. Untuk kekuatan beton hingga  $40 \text{ MPa}$ , kemiringan pada bagian menurun dari kurva cenderung lebih rata dibandingkan dengan bagian yang menanjak. Kemiringan bagian yang

menurun semakin besar seiring dengan kekuatan beton. Sementara itu, untuk beton dengan  $f_c'$  lebih dari 70 MPa, bagian menurun cenderung menyerupai garis vertikal. Hal ini disebabkan karena beton hancur akibat keretakan longitudinal.

- (e) Regangan maksimal yang dicapai,  $\epsilon_{cu}$ , menurun seiring dengan peningkatan kekuatan beton. Bagian menurun dari kurva tegangan-regangan setelah tegangan maksimal tercapai memiliki nilai yang sangat bervariasi dan sangat bergantung pada prosedur pengujian yang dilakukan. Begitu pula dengan regangan maksimal yang dipengaruhi oleh jenis spesimen, jenis pembebanan, dan tingkat pengujian (*rate of testing*).

#### 2.1.2.4 Persamaan untuk Diagram Tegangan-Regangan pada Pembebanan Tekan

Salah satu pendekatan untuk kurva tegangan-regangan untuk beton pada pembebanan tekan adalah kurva tegangan-regangan *modified Hongstad* (Gambar 6a). Kurva tersebut terdiri dari sebuah parabola derajat dua dengan titik optimum tercapai pada nilai regangan  $1,8 f_c''/E_c$  di mana  $f_c''=0,9f_c'$ , yang diikuti oleh sebuah garis menurun hingga tegangan bernilai  $0,85 f_c''$  pada regangan sebesar 0,0038.

Bentuk lainnya untuk kurva tegangan-regangan adalah kurva *Todeschini* yang ditunjukkan pada Gambar 6b. Pendekatan tersebut digunakan untuk penggunaan dalam studi analitis pada beton dengan kuat tekan hingga 40 MPa, karena kurva tersebut hanya terdiri dari satu fungsi yang kontinu. Pada pendekatan tersebut, titik puncak kurva,  $f_c''$ , bernilai  $0,9 f_c'$  saat regangan mencapai  $1,71f_c'/E_c$ .

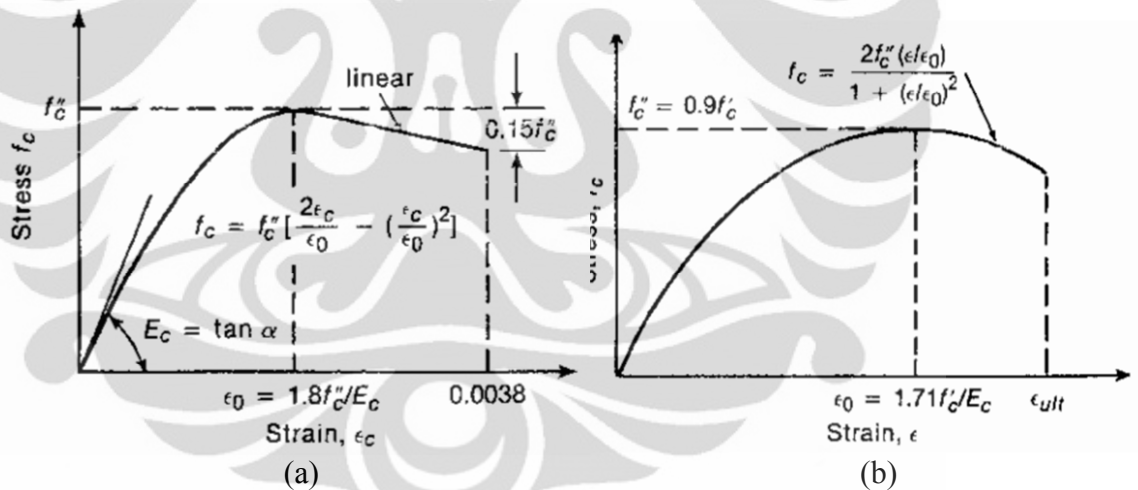
Kedua bentuk tersebut kemudian digeneralisasi oleh Popovics, Thorenfeldt, Tomaszewicz, dan Jensen, sehingga diperoleh persamaan hubungan antara tegangan,  $f_c$ , dengan regangan  $\epsilon_c$  yang berlaku untuk kuat tekan beton antara 15 hingga 125 MPa, yaitu:



$$\frac{f_c}{f_c'} = \frac{n(\epsilon_c/\epsilon_0)}{n - 1 + (\epsilon_c/\epsilon_0)^{nk}}$$

di mana

- $f_c'$  = tegangan puncak yang diperoleh dari uji spesimen silinder
- $\epsilon_0$  = regangan ketika  $f_c$  mencapai  $f_c'$
- $n$  = faktor pencocokan kurva, yang bernilai  $E_c/(E_c - E_c')$
- $E_c$  = modulus tangen awal (saat  $\epsilon_c = 0$ )
- $E_c'$  =  $f_c'/\epsilon_0$
- $k$  = faktor untuk memeriksa kemiringan pada kurva tegangan-regangan; bernilai sama dengan 1,0 untuk  $\epsilon_c/\epsilon_0$  kurang dari 1,0 dan lebih besar dari 1,0 untuk  $\epsilon_c/\epsilon_0$  lebih besar dari 1,0.



Gambar 2.4 Diagram tegangan-regangan modified (a) Hongestad dan (b) Todeschini

## 2.2 BETON BERTULANG

Beton bertulang merupakan beton yang diperkuat dengan tulangan baja dengan luas tulangan tidak kurang dari nilai minimum, yang dapat

berupa prategang maupun tidak. Kedua material diasumsikan bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang terjadi.

### 2.2.1 Karakteristik Dasar Beton Bertulang

Hubungan tegangan-regangan pada beton dapat didasari oleh kurva tegangan-regangan atau diasumsikan sebagai bentuk persegi, trapezium, parabola, atau bentuk lainnya yang dapat merepresentasikan kekuatan yang sebenarnya. Oleh karena itu, penggunaan diagram lain selain diagram tegangan-regangan *Modified Hongestad* atau *Todeschini* dapat dilakukan untuk memudahkan perhitungan matematis, selama diagram tersebut dapat merepresentasikan kekuatan sebenarnya dengan baik.

Standar Nasional Indonesia memungkinkan penggunaan distribusi tegangan sebagai bentuk persegi sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 7 untuk perhitungan kekuatan ultimit. Distribusi berbentuk persegi didefinisikan sebagai berikut:

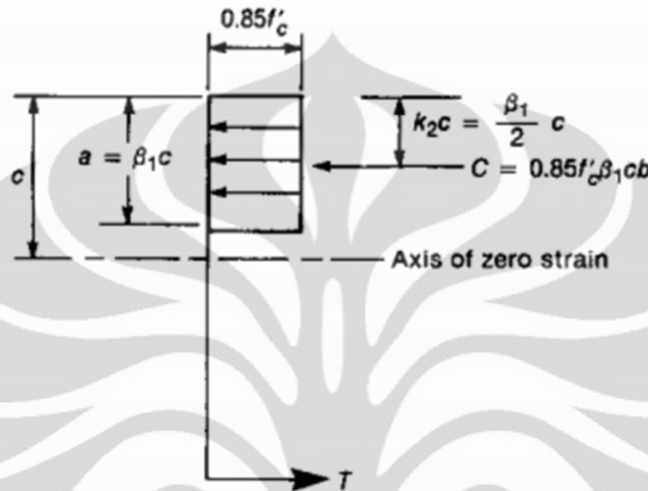
- (f) Tegangan sebesar  $\alpha_1 f_c'$  terdistribusi merata sepanjang daerah yang ekuivalen dengan daerah tekan yang dibatasi oleh bagian samping penampang melintang dan sebuah garis yang sejajar dengan sumbu netral sejarak  $a = \beta_1 c$  dari serat dengan regangan tekan terbesar.
- (g) Jarak  $c$  dari serat dengan regangan tekan terbesar ke sumbu netral diukur sejajar dengan sumbu netral tersebut.
- (h) Faktor  $\beta_1$  yang digunakan diambil dengan nilai sebagai berikut:
  - $f_c' \geq 30$  MPa,  $\beta_1 = 0,85$
  - $30 < f_c' < 55$  MPa,  $\beta_1 = 1,09 + 0,008f_c'$
  - $f_c' > 55$  MPa,  $\beta_1 = 0,65$

Untuk daerah tekan dengan lebar konstan  $b$  dan jarak ke sumbu netral adalah  $c$ , resultan gaya tekan yang terjadi adalah:

$$C = \alpha_1 \beta_1 f_c' b c$$

Dan momen yang terjadi akibat gaya tersebut terhadap sumbu netral adalah:

$$M = \alpha_1 \beta_1 \left(1 - \frac{\beta_1}{2}\right) f_c' b c^2$$



Gambar 2.5 Distribusi Tegangan Ekuivalen

### 2.2.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton Bertulang

Pada umumnya terdapat material yang biasa digunakan untuk konstruksi structural bangunan. Kayu dan baja memiliki kelemahan, yaitu susah untuk dibentuk. Kayu biasanya berupa balok-balok sedangkan baja berupa profil-profil yang telah dibuat dari pabrik. Beton bertulang adalah material yang paling banyak ditemui. Beton adalah material yang getas (*brittle*) dan dominan kuat terhadap tekan, sedangkan baja adalah material *ductile* yang dominan kuat terhadap tarik. Meski demikian, terdapat sejumlah kekurangan pada beton bertulang. Salah satu di antaranya adalah berat sendiri beton bertulang yang cukup besar. Sebagai contoh, baja profil W berukuran 12x30 memiliki berat per satuan panjang 30 pounds per feet atau 0,4378 kN/m. Sementara itu, beton dengan bentuk penampang persegi panjang yang memiliki panjang dan lebar sama memiliki berat per satuan

panjang sebesar 1,21 kN/m. Tetapi konstruksi dengan struktur beton bertulang tetap banyak diminati dikarenakan sifat materialnya yang *less-maintenance*. Struktur baja yang seringkali terbentur masalah korosi akan membutuhkan perawatan yang lebih banyak dibandingkan struktur beton bertulang diminati. Oleh karena itu banyak pemikiran-pemikiran untuk mereduksi berat sendiri beton bertulang yang akan mengakibatkan beban bangunan berkurang serta mengurangi volume yang meakibatkan efisiensi biaya.

### 2.3 PELAT BETON BERTULANG

*Slab* atau pelat adalah elemen horizontal utama yang menyalurkan beban-beban hidup bergerak maupun beban mati tak bergerak ke pendukung-pendukung kerangka vertikal dari sebuah struktur. Pelat dapat dirancang sebagai *one way slab* dan *two way slab*.

Pelat beton bertulang merupakan salah satu elemen penting dalam struktur bangunan beton. Dalam aplikasinya pada struktur beton, pelat beton bertulang merupakan elemen struktur yang digunakan sebagai struktur horizontal yang bertumpu pada balok ataupun balok anak. Fungsi utama dari pelat beton bertulang adalah untuk menyalurkan beban yang diterimanya kepada tumpuannya (balok, balok anak, ataupun kolom). Pada aplikasinya, pelat juga menyumbangkan kekakuan yang tinggi bagi struktur bangunan yang dirancang untuk menahan beban gempa, akan tetapi massa dari pelat tersebut juga menyumbangkan gaya inersia yang mempengaruhi besar kecil gaya gempa yang bekerja pada struktur bangunan.

Pelat beton bertulang dapat didefinisikan sebagai struktur tipis yang terbuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal dan memiliki beban yang bekerja secara tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Secara fisik ciri-ciri dari pelat adalah perbandingan antara ketebalan dengan bentangnya yang cukup besar. Ketebalan pelat secara umum berkisar antara 120 mm hingga 750 mm tergantung dari fungsi dan kegunaannya. Untuk pelat beton bertulang

yang langsung menyentuh dengan tanah, SNI 03-2847-2002 mengisyaratkan ketebalan minimum yaitu 450 mm.

Dalam bangunan beton, pelat beton bertulang digunakan sebagai lantai bangunan, atap, kepala tiang pancang (pile cap), pondasi telapak, perkerasan jalan, dan masih banyak lainnya. Beban yang bekerja pada pelat pada umumnya diperhitungkan sebagai beban gravitasi, yaitu berat sendiri pelat tersebut dan juga berat dari beban mati dan beban hidup yang bekerja di atasnya. Beban-beban tersebut menghasilkan momen lentur pada pelat dan juga gaya geser, sehingga dalam perencanaannya pelat dirancang untuk menahan kombinasi gaya-gaya dalam tersebut.

#### **2.4.1 Klasifikasi Pelat Beton Bertulang**

Pelat beton bertulang dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan perilakunya dalam merespon momen lentur yang bekerja. Kedua jenis tersebut adalah pelat satu arah (one-way slab) dan pelat dua arah (two-way slab). Secara umum kedua jenis pelat tersebut dapat dibedakan berdasarkan perbandingan panjang dan lebarnya. Pelat satu arah merupakan pelat dengan rasio perbandingan panjang dan lebar sebesar  $\geq 2$ , sedangkan pelat yang memiliki rasio yang kurang dari nilai tersebut diklasifikasikan pelat dua arah.

##### **2.3.1.1 Pelat Satu Arah**

Seperti yang telah dikatakan sebelumnya, pelat satu arah memiliki rasio perbandingan antara panjang dan lebar bentang yang cukup signifikan.

Pada pelat satu arah ini, momen lentur yang bekerja diasumsikan berada pada bentang terpanjangnya (bentang  $x$ ). Hal ini mengakibatkan pelat berperilaku layaknya balok menerus biasa. Momen yang bekerja pada bentang  $y$  (bentang pendek) relatif jauh lebih kecil dibanding dengan momen yang bekerja pada bentang  $x$ , bahkan untuk beberapa kasus seperti pelat kantilever dan pelat dengan dua tumpuan sejajar tidak terjadi momen diarah bentang  $y$ . Momen pada bentang

y yang relatif kecil tersebut dapat diabaikan karena penulangan cukup dilakukan pada bentang x.

**a. Karakteristik Pelat Satu Arah**

Karakteristik pelat satu arah selain rasio perbandingan bentang panjang dan bentang pendek seperti diatas, terdapat beberapa syarat lainnya yang harus terpenuhi, diantaranya:

1. Jumlah minimum bentang menerus adalah minimum dua bentang pada bentang terpanjang (bentang x)
2. Panjang antar bentang yang menerus tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang x terpanjang dengan panjang bentang x terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2;
3. Beban yang bekerja pada pelat satu arah menerus adalah beban terbagi merata;
4. Beban hidup per satuan panjang tidak lebih dari beban mati per satuan panjang
5. Komponen struktur adalah prismatis.

Kelima karakteristik diatas tertuang didalam SNI 03-2847-2002.

Untuk menghitung besarnya momen yang bekerja pada pelat satu arah ini dapat digunakan tabel koefisien momen untuk pelat satu arah dan balok menerus. Tapi sebelumnya perlu dipahami terlebih dahulu mengenai hubungan antara jenis perletakan (tumpuan) pelat terhadap momen yang terjadi.

Hubungan antara pelat dengan tumpuannya menjadi salah satu bagian dari perencanaan pelat. Secara umum terdapat tiga jenis tumpuan pelat pada balok, sebagai berikut:

1. Terletak bebas, yaitu pelat yang bertumpu dengan bebas pada balok atau perletakan lainnya. Tumpuan jenis ini diperhitungkan tidak menahan momen lentur karena pelat diasumsikan terletak bebas tidak monolit dengan tumpuannya sehingga mengakibatkan pelat dapat mengalami rotasi dengan bebas pada tumpuan tersebut. Pada keadaan ini tumpuan diasumsikan sebagai *roller*.
2. Terjepit elastis, yaitu saat dimana pelat dan tumpuannya monolit akan tetapi inersia dari tumpuan (balok) cukup kecil sehingga masih memungkinkan terjadinya rotasi. Sehingga pada keadaan ini tumpuan diasumsikan sebagai sendi (*joint*).
3. Terjepit penuh, yaitu keadaan dimana pelat terjepit penuh terhadap tumpuan yang kaku sehingga rotasi tidak t dapat terjadi. Hal ini mengakibatkan terjadinya momen lentur pada pelat dan momen torsi pada tumpuannya. Sehingga pada keadaan ini tumpuan diasumsikan sebagai jepit.

Layaknya pada struktur lainnya, pada pelat satu arah pembebanan yang terjadi dibagi menjadi dua jenis, yaitu beban mati dan beban hidup. Beban mati didefinisikan sebagai beban yang terjadi akibat berat sendiri pelat dan juga berat dari instalasi ataupun beban lainnya yang relatif kekal pada struktur pelat. Sedangkan beban hidup didefinisikan sebagai beban yang mungkin terjadi akibat berat dari benda (hidup ataupun mati) yang bersifat sementara. Adapun seperti yang telah dibahas sebelumnya, pembebanan pada pelat diasumsikan sebagai beban terbagi merata, sehingga momen yang terjadi akibat pembebanan tersebut dapat dicari dengan menggunakan koefisien momen yang konstan. Berikut ini daftar koefisien momen pada pelat satu arah dan balok menerus yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan perancangan struktur.

### 2.3.2 Inovasi Pelat Beton

Selama ini, beberapa inovasi telah dilakukan pada struktur beton bertulang, khususnya untuk elemen pelat dan balok. Sejumlah inovasi di antaranya mengarah pada cara-cara mengurangi berat sendiri beton bertulang.

Pada elemen pelat dan balok beton bertulang, diasumsikan bahwa tegangan tekan seluruhnya ditahan oleh bagian beton, sedangkan tegangan tarik seluruhnya ditahan oleh bagian baja. Bagian beton pada penampang melintang yang menahan tegangan tekan hanya sebagian kecil dari ketebalan tersebut. Sementara itu, sisanya tidak menyumbang kekuatan terhadap tegangan tekan, meski berperan dalam menghasilkan momen inersia yang cukup dan terciptanya *bonding* antara beton dan baja, serta kekuatan terhadap geser.

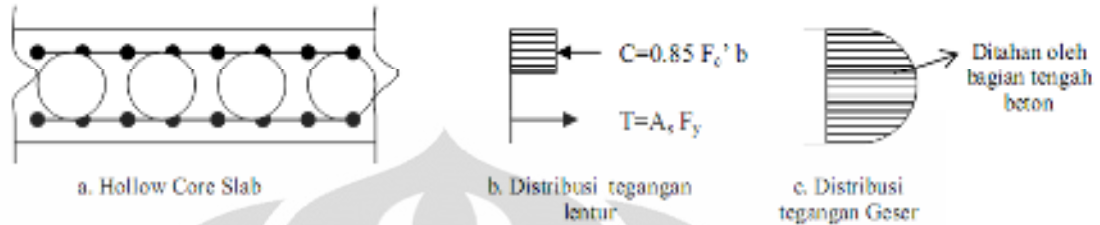
Oleh karena itu, muncul gagasan untuk mengurangi massa elemen beton bertulang dengan meniadakan beton pada bagian tengah elemen yang tidak menyumbang kekuatan terhadap tekan. Meski demikian, untuk menciptakan kuat geser dan momen inersia yang cukup, elemen tersebut tetap dibuat dengan ketebalan tertentu. Kemudian, untuk menghasilkan *bonding* yang cukup, elemen tersebut dibuat dengan tidak meniadakan beton pada bagian yang diperkuat dengan tulangan baja. Contoh dua inovasi dengan konsep tersebut adalah *hollow-core slab* dan *bubbledeck system*.

- Konsep Dasar HCS

Ide mengenai *Hollow Core Slab* (HCS) berawal dari teori elastis tegangan lentur yang menyebutkan bahwa tegangan paling maksimum pada penampang *slab* ditahan oleh sisi terluar penampang. Pada saat kondisi *ultimate* tercapai, kapasitas momen nominal dari penampang ditentukan oleh lengan momen antara resultan tegangan pada sisi tekan dan sisi tarik. Pada beton bertulang, diasumsikan bahwa tegangan tarik sepenuhnya ditahan oleh tulangan baja pada sisi tarik, dan tegangan tekan sepenuhnya ditahan oleh beton pada sisi tekan. Baik sisi tekan maupun tarik pada tegangan lentur, keduanya berada pada sisi luar penampang. Dengan demikian, beton pada bagian tengah diasumsikan tidak menyumbang kekuatan lentur (Gambar 9). Berdasarkan pada hal tersebut, muncullah pemikiran untuk memberikan lubang pada beton dengan tujuan untuk mengurangi berat sendiri *slab* tanpa mengurangi



kekuatan lenturnya. Oleh karena itu pula, konsep ini mulai diterapkan pada komponen struktur yang secara dominan menahan tegangan lentur.



Gambar 2.6 Distribusi Tegangan Lentur dan Geser pada Penampang Slab Beton

(sumber: Proposal Riset Studi Pemanfaatan Limbah Botol Plastik untuk HCS)

- Metode Produksi HCS

Dalam *PCI Manual for the Design of Hollow Core Slabs* disebutkan bahwa terdapat dua metode utama untuk memproduksi komponen *hollow core* di Amerika Serikat. Cara yang pertama disebut dengan sistem cetak-kering (*dry-cast system*) di mana campuran beton dengan *slump* yang sangat rendah dimasukkan ke dalam mesin pencetak. Lubang di dalamnya dibuat dengan auger atau selongsong. Campuran beton kemudian dipadatkan di sekitar lubang tersebut. Sebaliknya, pada cara yang kedua digunakan campuran beton dengan *slump* yang tinggi yang dituang ke dalam bekisting (baik statis maupun dapat bergerak/*slip forming*). Bekisting tersebut terpasang pada mesin. Pada cara ini, lubang umumnya dibentuk dengan selongsong berisi udara (*pneumatic tube*) yang terpasang pada bekisting, atau dengan menggunakan selongsong panjang yang terpasang pada mesin pencetak.

- BubbleDeck System

*BubbleDeck* merupakan salah satu inovasi elemen pelat beton bertulang di mana bola-bola yang terbuat dari plastik membentuk lubang dalam pelat. Sistem ini dikembangkan oleh *BubbleDeck Netherlands B. V.* yang dibentuk pada tahun 1997.

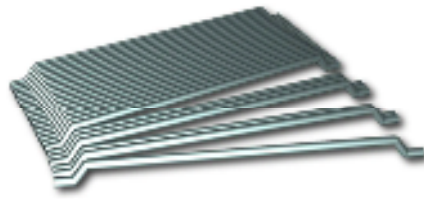
Secara struktural, *BubbleDeck* tergolong sebagai pelat rata (*flat plate*), sehingga pelat ini tidak diperkuat oleh balok ataupun kepala kolom (*drop panel*). Sistem ini dapat digunakan sebagai pelat lantai, dak atap dan pelat lantai dasar.

Sistem ini memberikan sejumlah keuntungan. Salah satu keuntungan di antaranya adalah sistem ini memiliki kapasitas dalam menahan beban yang sama baiknya dengan pelat biasa, namun dengan ketebalan yang lebih kecil. Hal ini membawa keuntungan lainnya, yaitu penghematan material untuk konstruksi pelat mencapai 40% hingga 50%. Dengan adanya pengurangan berat sendiri pelat, maka elemen struktur lain juga akan menahan berat pelat yang lebih sedikit, yang kemudian akan mengurangi dimensi kolom dan pondasi yang dibutuhkan, sehingga menghasilkan penghematan material untuk keseluruhan bangunan hingga mencapai 50%.

#### **2.4 STEEL FIBER**

Serat baja sudah banyak diterapkan dalam sebagai campuran beton , terutama untuk sistem pelat lantai bangunan industri yang mengharuskan kapasitas terhadap beban lebih besar daripada bangunan biasa. Sifat-sifat serat baja memiliki banyak kelebihan yang dapat melengkapi kekurangan dari sifat-sifat beton. Beton memiliki kekuatan tinggi untuk menahan gaya tekan, tetapi lemah untuk menahan gaya tarik. Beton juga cenderung getas dan memiliki daya tahan terhadap retak (*crack*) yang rendah.

Serat baja pada balok meningkatkan kapasitas momen *ultimate* dan kapasitas lendutan dibandingkan dengan balok yang menggunakan tulangan biasa, serta kekuatan terhadap tarik. Chanh, Nguyen Van “Steel Fiber Reinforced Concrete”

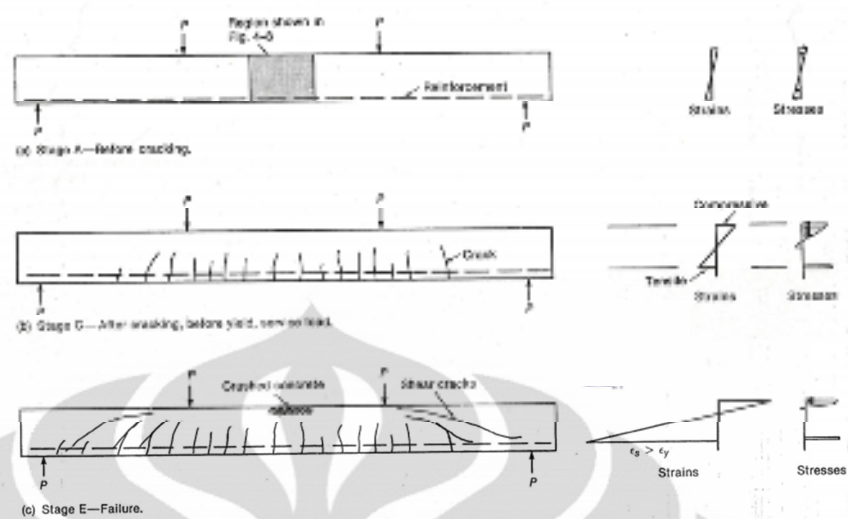


Gambar 2.7 Bundelan *Steel Fiber*

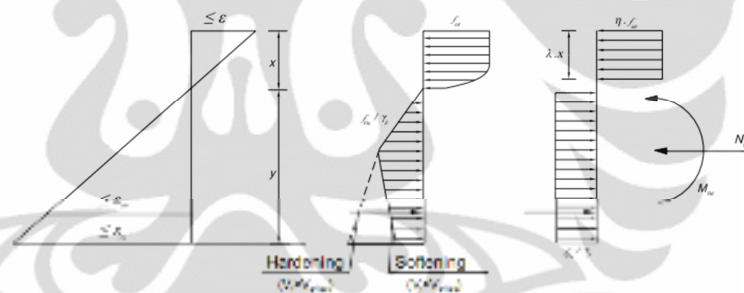
Selain itu SRFC juga meningkatkan kuat geser. Seperti yang diketahui dari sistem *Hollow-Core Slab* bahwa penampangnya terdapat lubang-lubang untuk mengurangi volume beton serta mengurangi beban bangunan, tetapi berakibat dengan berkurangnya kapasitas geser dari pelat yang hanya disumbang dari beton karena pelat tidak menggunakan tulangan geser atau sengkang. Dengan mengaplikasikan SRFC diharapkan kapasitas kuat geser dari HCS akan meningkat. Menurut sebuah penelitian, dinyatakan bahwa kapasitas *ultimate* geser dari suatu balok SRFC tanpa sengkang meningkat dengan peningkatan volume *steel fiber*.

Kwak, Yoon-Keun, Marc O. Eberhard, Woo-Suk Kim, and Jubum Kim, "Shear Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete Beams without Stirrups" ACI Structural Journal, July-August 2002

Berbeda dengan beton konvensional yang dominan kuat menahan tekan, beton dengan penambahan *steel fiber* bersifat kuat menahan tarik. Beton bertulang konvensional jika dibebani dan telah mencapai *first crack* atau telah mencapai titik awal plastis, maka kontribusi beton menahan tegangan tarik akan menjadi sangat kecil yang biasanya akan diabaikan yang kemudian dianggap keseluruhan menjadi kontribusi baja tulangan. Tidak halnya dalam beton dengan tambahan *steel fiber*. Pasca *first crack* yang sudah masuk ke zona plastis, beton masih bekerja menahan tegangan tarik, karena di dalam-nya terdapat serat-serat baja yang masih saling mengikat dan belum putus.



Gambar 2.8 Diagram Tegangan Regangan Fiber Reinforced Concrete



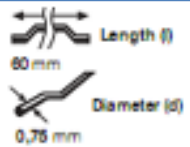

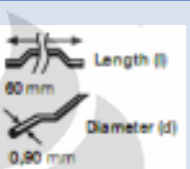
Gambar 2.9 Diagram Tegangan Regangan Fiber Reinforced Concrete (FRC)  
 (Sumber: Fibers as Structural Element for the Concrete Reinforcement of Concrete Maccaferri Technical Manual)

### 2.4.1 Properti *Steel Fiber*

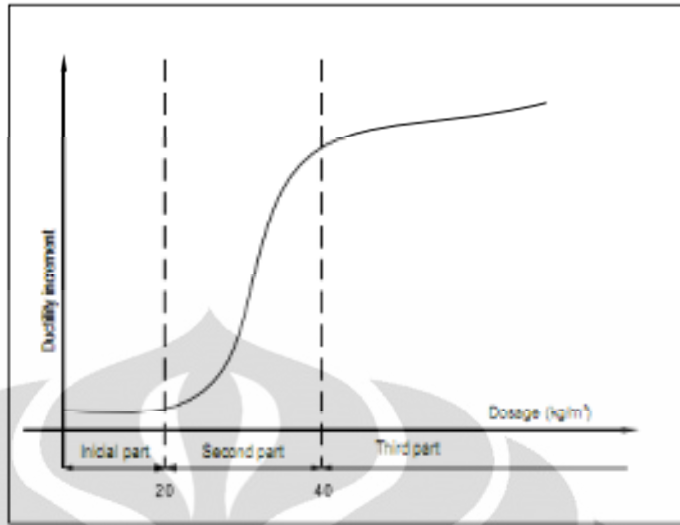
Terdapat tiga tipe serat baja dengan merek dagang *Dramix* :

Tabel 2.3 Jenis-Jenis *Steel Fiber*

Jenis	Aspect Ratio	Kuat Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Geometri
-------	--------------	---------------------------------	----------

	(l/d)		
RC-8060-BN	80	1050	
RL-4550-BN	45	1000	
RC-6560-BN	67	1000	

Pada penelitian ini digunakan *steel fiber* dari *Dramix R* jenis RC-6560-BN dengan panjang 60 mm. Untuk komposisi *steel fiber* yang digunakan ada 2 variasi, yaitu 15 kg/m<sup>3</sup> dan 25 kg/m<sup>3</sup>. Penggunaan komposisi 15 kilogram *steel fiber* ke dalam 1 m<sup>3</sup> beton segar berdasarkan dosis minimum yang dianjurkan oleh *Dramix*. Sedangkan untuk komposisi 25 kilogram *steel fiber* ke dalam 1 m<sup>3</sup> beton segar berdasarkan dosis minimum yang dianjurkan dari “*Fibers as Structural Element for the Concrete Reinforcement of Concrete –Maccaferri Technical Manual*”. Jika menggunakan dosis yang lebih tinggi dikhawatirkan akan mengurangi *workability* beton, karena HCS ini memiliki banyak *void* yang cukup menyulitkan beton segar untuk mengalir dan mengisi ruang yang kosong. Dari grafik dibawah dapat dilihat kenaikan daktilitas yang signifikan di rentang dosis 20-40 kg /m<sup>3</sup>. Dengan berat jenis steel fiber sekitar 7.840 kg/m<sup>3</sup>, dosis 15 kg/m<sup>3</sup> jika dikonversi ke volume fraksi adalah sebesar 0,19%. Kemudian untuk dosis 25 kg/m<sup>3</sup>, nilai volume fraksinya adalah sebesar 0,32%.



Graphic 2.6 – Ductility vs dosage.

**Gambar 2.10 Peningkatan Dosis vs. Peningkatan Daktilitas**

(Sumber: *Fibers as Structural Element for the Concrete Reinforcement of Concrete –Maccaferri Technical Manual*)

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 RENCANA PENELITIAN

Penelitian ini akan mempelajari pengaruh penambahan *steel fiber* sebagai bahan tambah pada beton yang akan diaplikasikan pada *Hollow-Core Slab*. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian pada pembebanan pada pelat hingga mencapai kegagalan runtuh (*fracture*).

Selain itu, dilakukan juga pengujian terhadap material, yaitu uji slump beton segar, uji tarik baja untuk *wiremesh*, dan uji tekan beton. Setelah didapat kuat tekan beton ( $f_c'$ ) dan kuat tarik baja ( $f_y$ ), maka dihitung seberapa besar kapasitas *ultimate* dari pelat. Kapasitas *ultimate* dari pelat harus lebih kecil dari kemampuan *hydraulic jack*, agar dapat dilihat kegagalan runtuhnya. Untuk pengujian pelat dilakukan dengan metode *third point loading* untuk mengetahui kegagalan awal terjadi pada area lentur murni ataupun area lentur-geser.

Prosedur pembuatan benda uji maupun pengujian terhadap beton dan baja berdasarkan pada standar ASTM (*American Standard for Testing Materials*)

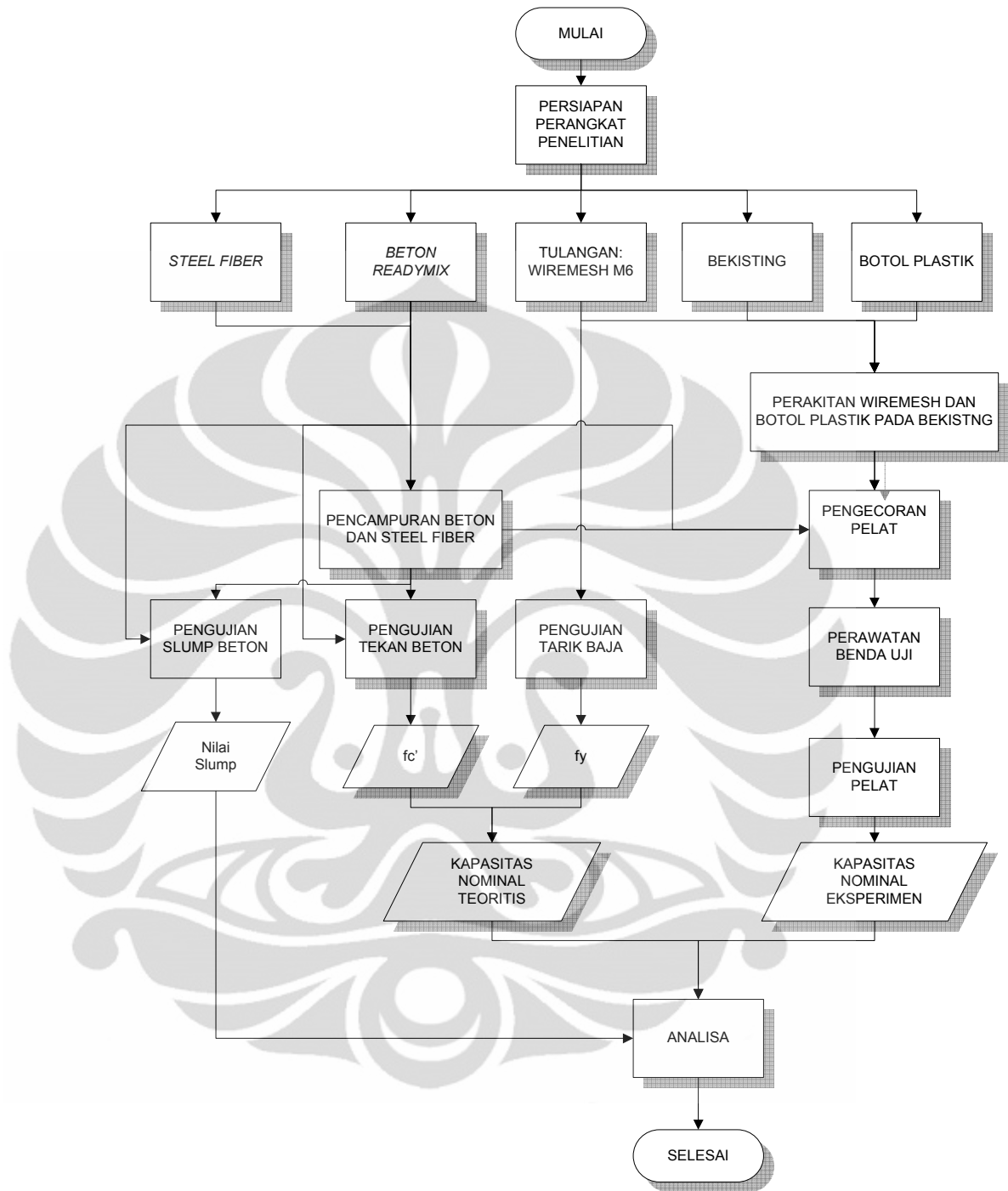
Berikut adalah standar metode yang digunakan:

- ASTM C 143 : Metode standar untuk pengukuran slump dari beton semen hidrolis.
- ASTM C 192 : Metode standar untuk pembuatan dan pemeliharaan benda uji di dalam laboratorium
- ASTM C 39/ C 39M : Metode standar pengujian kuat tekan beton dengan spesimen silender.
- ASTM C 78 – 08 : Metode standar pengujian kuat lentur beton menggunakan balok sederhana dengan cara *third point loading*
- ASTM : Metode standar pengujian tarik baja

### 3.1.2 Diagram Alir Penelitian







Gambar 3.1 Diagram Alir Rencana Penelitian

Dapat dilihat dari diagram alir di atas, penelitian dimulai dari persiapan perangkat penelitian. Perangkat dari penelitian ini adalah beton *readymix*, *wiremesh M6* sebagai tulangan, *Dramix steel fiber*, bekisting pelat, dan botol

plastik. Bekisting yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat jadi yang tidak dirancang dan tidak termasuk dalam penelitian ini, begitu juga dengan beton *readymix* tidak kami teliti kualitas bahan bakunya. Botol plastik 1,5 L didapat dari pengumpul botol plastic maupun dikumpulkan sendiri.

Setelah penyediaan semua perangkat terlaksana dimulai pembuatan benda uji. Untuk pengujian material dapat langsung dilaksanakan. Pengujian tarik baja dapat dilakkan tanpa proses pembuatan benda uji. Untuk pengujian beton dilakukan pengujian terhadap dua variasi beton, yaitu beton campuran *steel fiber* dan beton biasa. Untuk pengujian dilakukan uji slump untuk *workability* dari beton tanpa campuran dan dengan campuran sebelum dimulai pengecoran, kemudian untuk uji tekan beton silinder dilakukan pada pada usia 7 hari, 14 hari, dan 28 hari yang masing-masing sebanyak 5 sampel. Setelah didapat nilai  $f_c'$  beton dan  $f_y$ , maka dapat dihitung kapasitas *ultimate* dari pelat. Nilai kapasitas *ultimate* ini selain sebagai data analisa terhadap nilai kapasitas *ultimate* eksperimen juga sebagai tolak ukur untuk *hydraulic jack*.

Kemudian untuk pembuatan benda uji pelat, dilakukan perakitan *wiremesh*, botol plastik, dan beton *decking* pada bekisting kemudian dilakukan pengecoran. Untuk pelat biasa tidak digunakan botol plastik. Setelah itu dilakukan *curing* dengan burlap basah hingga 28 hari. Kemudian pada usia 28 hari dilakukan pengujian pada pelat. Akan dilihat kegagalan awal dan kegagalan akhir dari pelat yang akan dianalisa kemudian.

### 3.1.3 Penjadwalan Penelitian

Tabel 3.1 Jadwal rencana Awal Penelitian

No	Kegiatan	Januari 2011					Februari				Maret			
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pembuatan Benda Uji													
2.	Perawatan Benda Uji													
3.	Pengujian Pelat													
4.	Pengujian Material													
5.	Pengolahan Data Eksperimen													
6.	Analisis													

## 3.2 METODE PENGUJIAN

### 3.2.1 Metode Pengujian Beton Segar

- Uji Slump Beton

Pengujian ini berdasarkan metode uji slump untuk beton, yaitu ASTM 143. Uji slump ini bertujuan untuk mengukur kekentalan campuran beton pada setiap pengadukan yang akan berpengaruh pada *workability* beton saat pengecoran. Target slump untuk pengujian ini adalah  $15 \pm 1$  cm.

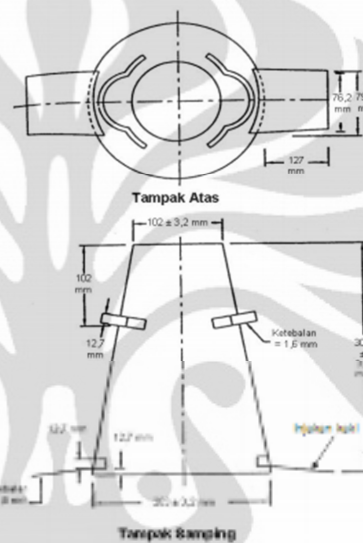
#### Peralatan

1. Kerucut Abrahms
2. Beton segar
3. Batang pemadat

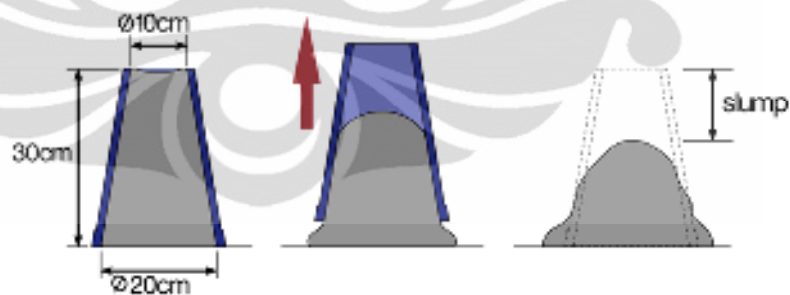
#### Prosedur

- a. Basahi cetakan dan letakkan di atas permukaan datar, lembab, tidak menyerap air dan kaku. Cetakan harus ditahan secara kokoh di tempat selama pengisian, segera isi cetakan dalam tiga lapis, setiap lapis adalah sepertiga dari volume cetakan.
- b. Padatkan setiap lapisan dengan 25 tusukan menggunakan batang pemadat.. Padatkan lapisan bawah seluruhnya hingga kedalamannya. Hindari batang penusuk mengenai pelat dasar cetakan. .
- c. Setelah lapisan atas selesai dipadatkan, ratakan permukaan beton pada bagian atas cetakan dengan cara menggelindingkan batang penusuk di atasnya.
- d. Lepaskan segera cetakan dari beton dengan cara mengangkat dalam arah vertikal secara-hati-hati.

- e. Setelah beton menunjukkan penurunan pada permukaan, ukur segera slump dengan menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusat permukaan atas beton.
- f. Bila terjadi keruntuhan atau keruntuhan geser beton pada satu sisi atau sebagian massa beton, abaikan pengujian tersebut dan buat pengujian baru dengan porsi lain dari contoh.



Gambar 3.2 Kerucut Abrams



Gambar 3.3 Pengukuran Slump

### 3.2.2 Metode Pengujian Beton Yang Telah Mengeras

Tujuan dari pengujian material ini adalah untuk mendapatkan karakteristik dari beton *steel fiber* dibandingkan beton biasa yang keduanya menggunakan beton segar K-300 yang akan dianalisa kemudian. Seluruh pengujian untuk material beton dilakukan pada usia 28 hari.

### 3.2.2.1 Benda Uji

Berikut adalah detail benda uji yang akan digunakan untuk pengujian material pada penelitian ini.

Tabel 3.2 Spesifikasi Benda Uji Material Beton

Bahan Tambah <i>Steel Fiber</i> (kg/m <sup>2</sup> )	Kode Benda Uji	Deskripsi Benda Uji	Jenis Pengujian	Data Hasil Pengujian	Jumlah (buah)
0	SB	Silinder (d:15cm & t:30cm)	Kuat Tekan	fc'	5
15	SBS-15				5
25	SBS-25				5
0	TB	Silinder (d:15cm & t:30cm)	Kuat Tarik Belah	T	5
15	TBS-15				5
25	TBS-25				5
0	LB	Balok (15x15x55cm)	Kuat Lentur	R	5
15	LBS-15				5
25	LBS-25				5
0	GB	<i>Double L</i>	Kuat Geser	V	5
15	GBS-15				5
25	GBS-25				5
0	SB	Silinder (d:15cm & t:30cm)	Modulus Elastisitas	E	5
15	SBS-15				5
25	SBS-25				5

- Peralatan

1. Cetakan Silinder, diameter 15 cm tinggi 30 cm.
2. Tongkat pemadat, diameter 16 mm, panjang 60 cm, dengan ujung dibulatkan dan sebaiknya terbuat dari baja tahan karat.
3. Bak pengaduk beton kedap air atau mesin pengaduk.
4. Timbangan dengan ketelitian 0,3% dari berat contoh
5. Peralatan tambahan: ember, sekop, sendok semen, sendok perata, dan talam

- **Prosedur Pembuatan Benda Uji**

1. **Persiapan cetakan:**

- Satu hari sebelum pembuatan beton, keluarkan cetakan yang akan digunakan untuk pencetakan.
- Lapisi cetakan dengan oli atau gemuk, agar memudahkan saat cetakan dibuka

2. **Pengadukan, dilakukan oleh supplier sehingga tidak perlu dilakukan pengadukan manual.**

3. **Pengujian slump, dijelaskan pada sub-bab Pengujian Slump**

4. **Pengisian cetakan, isilah cetakan dengan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap lapis berisi kira-kira 1/3 isi cetakan. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada pemadatan lapis pertama tongkat tidak boleh menyentuh dasar cetakan, pada pemadatan lapis selanjutnya tongkat tidak boleh masuk lebih dari 25,4 mm ke dalam lapisan dibawahnya. Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuklah sisi cetakan perlahan-lahan hingga rongga udara menutup**

5. **Ratakan permukaan beton dan diamkan selama 24 jam hingga beton mengering.**

- **Prosedur Perawatan Benda Uji**

1. Setelah 24 jam dari waktu pencetakan, buka dan keluarkan benda uji dari cetakan.
2. Rendam benda uji di dalam bak perendam berisi air yang telah memenuhi persyaratan untuk perawatan selama waktu yang dikehendaki.
3. Biarkan beton direndam dalam bak perendam hingga satu hari sebelum waktu pengujian.

#### 3.2.2.2 Jenis-jenis Pengujian

- **Pengujian Kuat Tekan**

Pengujian ini mengikuti metode ASTM C-39 untuk pengujian kuat tekan untuk beton silinder. Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton silinderruntuh bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan dari mesin tekan. Specimen silinder yang digunakan untuk uji ini sebanyak lima buah untuk masing-masing jenis beton dengan usia 28 hari. Kuat tekan yang didapat dari uji ini akan digunakan untuk perhitungan kekuatan pelat secara teoritis dan akan dibandingkan dengan nilai dari uji eksperimental pelat.

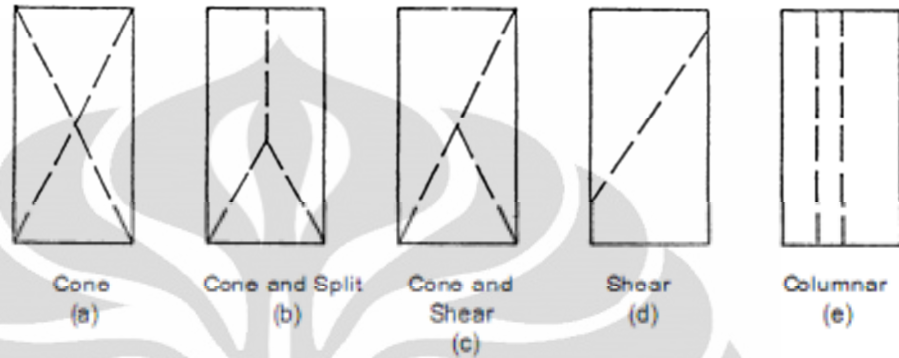
#### Alat dan Bahan

1. Spesimen silinder  $\phi$  : 15 cm dan t: 30cm
2. Mesin uji tekan

#### Prosedur

- a. Persiapkan benda uji silinder berusia 28 hari yang telah melalui proses *curing*.
- b. Lakukan pengukuran dimensi dan berat benda uji
- c. Lapsi permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang (*capping*)
- d. Kemudian letakan benda uji pada mesin tekan secara sentris, dan jalankan mesin tekan dengan penambahan beban antara 2 sampai 4 kg/cm<sup>2</sup>perdetik.

- e. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
- f. Amati dan bentuk keruntuhan serta catat keadaan benda uji.



Gambar 3.4 Jenis-jenis bentuk keruntuhan

#### Perhitungan

Kuat tekan beton yaitu besarnya beban persatuan luas, dihitung berdasarkan rumus:

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Dimana:

- $P$  : beban saat terjadi keruntuhan (kg)
- $A$  : luas permukaan specimen silinder (cm<sup>2</sup>)

#### • **Pengujian Kuat Tarik Belah**

Pengujian ini berdasarkan metode pengujian kuat tarik belah dari beton silinder, ASTM C-496. Benda uji dan mesin yang digunakan untuk pengujian ini sejenis dengan pengujian kuat tekan. Pada penelitian ini akan diuji lima spesimen silinder dari masing-masing beton murni dan beton campuran dengan umur beton 28 hari.



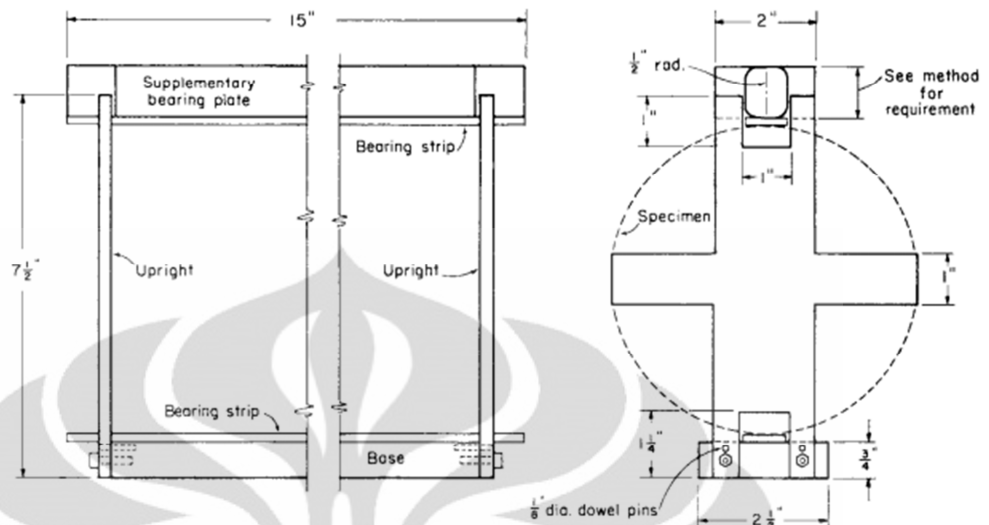
Kemudian untuk pengujian ini ditambahkan lempengan besi agar dapat membagi rata beban ke sepanjang silinder yang disalurkan dari mesin tekan. Kayu lapis juga ditambahkan sebagai alas bawah silinder dan bagian atas antara lempengan besi dan silinder.

#### Alat dan Bahan

1. Spesimen silinder  $\phi$ : 15 cm dan t: 30cm
2. Mesin uji tekan
3. Balok-balok kayu

#### Prosedur

- b. Persiapkan benda uji silinder berusia 28 hari yang telah melalui proses *curing*.
- c. Lakukan pengukuran dimensi dan berat benda uji.
- d. Gambar garis diameter pada masing-masing ujung spesimen agar mereka berada pada bidang aksial yang sama.
- e. Letakkan spesimen pada garis bidang kayu kemudian selaraskan agar garis diameter pada ujung spesimen berpusat atau tegak lurus dengan garis bidang kayu.
- f. Kemudian letakkan garis bidang kayu yang kedua dan *bearing bar* sepanjang panjang silinder dan kemudian selaraskan agar garis diameter pada ujung spesimen berpusat atau tegak lurus dengan garis bidang kayu.
- g. Lakukan pembebanan secara menerus dengan menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban antara 7,03 kg/cm<sup>2</sup> sampai 14,06 kg/cm<sup>2</sup> per menit.
- h. Catat beban maksimum saat terjadi keruntuhan.



Gambar 3.5 Penempatan benda uji tarik belah

### Perhitungan

Hitung kekuatan tarik belah beton dengan rumus:

$$T = \frac{2P}{\pi ld}$$

Dimana:

- $P$  : beban maksimum saat runtuh (kg)
- $l$  : panjang silinder (cm)
- $d$  : diameter (cm)

- **Pengujian Kuat Lentur**

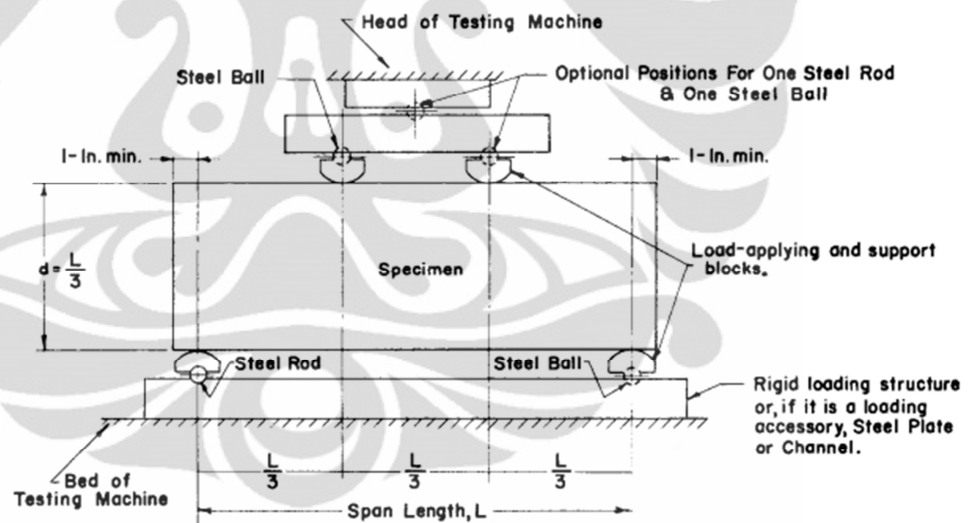
Pengujian ini menggunakan specimen balok ukuran 15x15x55cm dengan usia beton 28 hari. Sama seperti pengujian yang lain, pengujian ini menggunakan lima spesimen untuk masing-masing jenis campuran beton. Pemilihan uji kuat lentur *third point loading* ini agar jenis kegagalan yang dialami dapat diketahui, yaitu model kegagalan lentur murni ataupun lentur-geser. Pengujian kuat lentur pada penelitian ini mengacu pada metode standar uji lentur beton pembebanan empat titik (*third point loading*) sesuai ASTM C-78. Berikut ini akan dijelaskan mengenai prosedur pengujian kuat lentur ini.

### Peralatan

1. Mesin uji lentur
2. Spesimen balok ukuran 15 x 15 x 55 cm

### Prosedur

- b. Persiapkan benda uji balok berusia 28 hari yang telah melalui proses *curing*.
- c. Lakukan pengukuran dimensi dan berat benda uji.
- d. Posisikan roda baja sebagai perletakkan dengan panjang bentang tiga kali tinggi specimen balok
- e. Kemudian posisikan pembebanan di  $\frac{1}{3}$  bentang dan  $\frac{2}{3}$  bentang.
- f. Mulai pembebanan secara menerus dengan rentang beban 0,86 -1,21 MPa per menit



Gambar 3.6 Posisi spesimen uji kuat lentur

- g. Rekam data proses kehancuran (dari retak awal hingga runtuh) dan catat beban maksimum saat runtuh.
- h. Ukur dimensi specimen setelah proses pengujian selesai

### Perhitungan

1. Jika retak terjadi pada  $\frac{1}{3}$  bentang tengah, maka modulus kehancurannya dapat dihitung dengan:

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

Dimana:

$P$  : beban maksimum saat runtuh (kg)

$L$  : panjang bentang (cm)

$b$  : lebar specimen balok (cm), saat runtuh

$d$  : tinggi specimen balok (cm), saat runtuh

2. Jika retak terjadi sejarak 5% di luar  $\frac{1}{3}$  bentang tengah, maka modulus kehancurannya dapat dihitung dengan:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

$P$  : beban maksimum saat runtuh (kg)

$a$  : jarak rata-rata dari keruntuhan ke perletakkan (cm)

$b$  : lebar specimen balok (cm), saat runtuh

$d$  : tinggi specimen balok (cm), saat runtuh

3. Jika retak terjadi di luar 5% panjang seluruh bentang dari  $\frac{1}{3}$  bentang tengah, maka hasil pengujian tidak digunakan.

- **Pengujian Kuat Geser**

Pengujian kuat geser ini menggunakan specimen *double L* yang dibagian sisi luarnya diberi tulangan yang tidak diharapkan mengalami kegagalan akibat tekanan saat pengujian. Kegagalan yang diharapkan terjadi pada daerah yang tidak ditulangi, yaitu pada garis sentris benda uji. Penelitian ini menggunakan lima specimen untuk setiap jenis campuran beton dengan usia 28 hari.

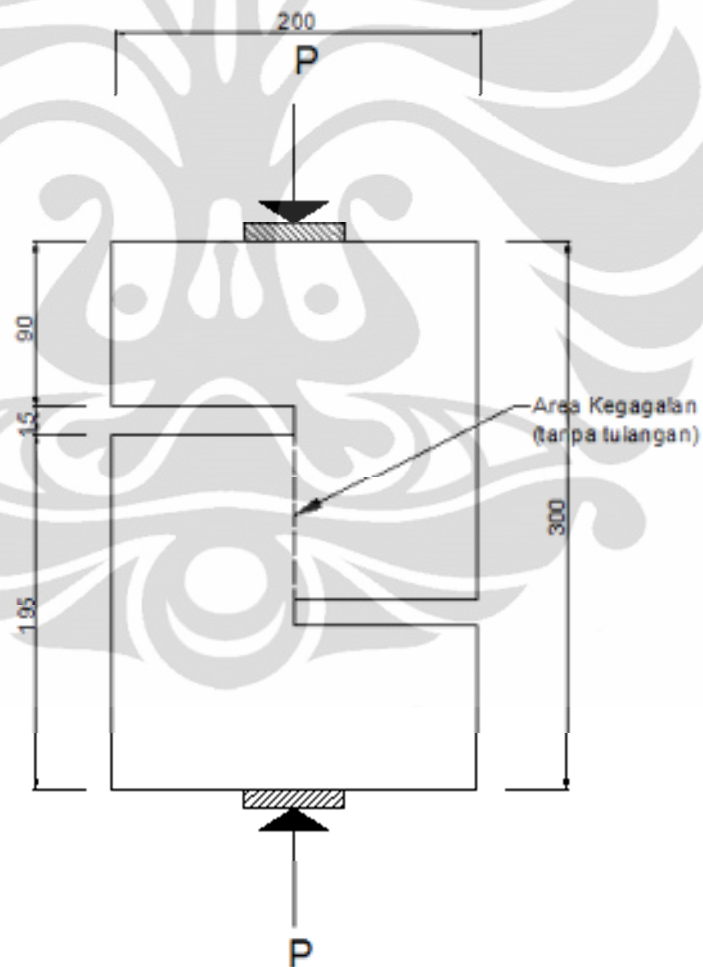
#### Alat dan Bahan

1. Spesimen beton *double L*

## 2. Mesin uji kuat tekan

### Prosedur

- Persiapkan benda uji silinder berusia 28 hari yang telah melalui proses *curing*.
- Lakukan pengukuran dimensi dan berat benda uji.
- Tempatkan benda uji pada mesin uji tekan dan berada pada posisi sentries.
- Kemudian mulai lakukan pembebanan
- Catat beban saat terjadi kegagalan



Gambar 3.7 Spesimen Kuat Geser

### 3.2.3 Metode Pengujian Baja

Pengujian kuat tarik baja tulangan wiremesh dilakukan untuk mendapatkan nilai dari kekuatan leleh ( $f_y$ ) baja. Melalui pengujian ini akan didapat tegangan yang dapat membuat baja leleh ( $f_y$ ) dan yang membuat putus ( $f_u$ ). Sebelum dapat melakukan pengujian tarik ini perlu dilakukan pemotongan benda uji dari jaring wiremesh sepanjang kebutuhan dan pembubutan agar bentuk benda uji sesuai ketentuan, dengan menggunakan tiga benda uji. Data  $f_y$  ini untuk memvalidasi data  $f_y$  dari pabrik serta input untuk analisa teoritis kuat *ultimate* dari pelat.

#### Peralatan

1. Mesin uji tarik dengan persyaratan:
  - a. Mesin harus dapat menarik benda uji dengan kecepatan merata dan dapat diatur sehingga kecepatan naiknya tegangan tidak melebihi  $1\text{ kg/mm}^2$  tiap detik.
  - b. Ketelitian pembacaan sebaiknya sebesar  $1/10$  x beban maksimum menurut skala penunjuk beban pada mesin uji tarik.
2. Alat ukur geser.
3. Alat pemotong baja.
4. Alat penggores batang percobaan.
5. Mesin bubut

#### Prosedur

1. Benda uji dipotong dengan menggunakan alat pemotong baja, sesuai aturan:
  - a. Panjang ukuran  $L_0$  dinyatakan dengan
  - b.  $L_0 = k$
2. Jepit benda uji pada pegangan  $h$  (lihat gambar) pada alat penjepit mesin uji tarik. Sumbu alat penjepit harus berimpit dengan sumbu benda uji.

3. Jalankan mesin dengan kecepatan tarik 1 kg/mm<sup>2</sup> tiap detik dan amati serta catat kenaikan beban serta kenaikan panjang yang terjadi hingga benda uji putus.

### Perhitungan

$$f_y = \frac{P_y}{A}$$

Dimana:

P = Gaya disaat baja mengalami leleh (N)

A = Luas penampang baja tulangan (mm<sup>2</sup>)

### 3.2.4 Metode Pengujian Struktur

#### 3.2.4.1 Benda Uji

Dimensi pelat yang akan diuji dalam penelitian ini yang memiliki panjang 175 cm, tinggi 15 cm, dan lebar 60 cm. Dikarenakan pengujian di atas dua perletakkan maka jenis pelat yang digunakan adalah jenis *one-way-slab*, dan HCS yang telah ada di pasaran menggunakan jenis ini. Untuk penempatan benda uji selama *setting time* akan diletakkan di area parkir depan Laboratorium Struktur dan Material Sipil UI, oleh karena area parkir yang tidak begitu luas dan berat specimen yang cukup besar sehingga berakibat pada mobilisasi menuju alat uji maka dimensi pelat yang diuji tidak terlalu luas. Kemudian, mempertimbangkan selimut beton dan penempatan botol plastik sebagai *hollow* maka dipilih tebal pelat sebesar 15 cm.

Telah diketahui sebelumnya bahwa pada penelitian ini digunakan dua macam variasi beton, yaitu SRFC atau beton campuran *steel fiber* dan beton biasa. Pertama-tama pengecoran pelat dilakukan untuk jenis beton tanpa campuran. setelah selesai, *steel fiber* dicampur di dalam truk molen untuk mendapat campuran yang homogen kemudian dilakukan pengecoran pada pelat.

### 3.2.5 Metode Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang akan digunakan dalam penelitian ini pada awalnya hanya 6 buah, yaitu 2 pelat konvensional, 2 pelat HCS, 2 pelat HCS 0,32%, dan 2 pelat HCS SF 0,19%. Tetapi karena terdapat kegagalan pada 2 sampel pelat HCS, 1 sampel pelat HCS SF 0,32%, dan 1 sampel pelat HCS SF 0,19% karena terinjak binatang, maka dibuat lagi benda uji tambahan. Untuk benda uji yang selimut beton atas-nya cacat karena terinjak binatang dilakukan perbaikan dengan metode *chipping & grouting*.

### 3.2.6 Pekerjaan Persiapan

- Mempersiapkan bekisting dan besi tulangan dari kontraktor, setelah itu diperiksa dimensi dan kualitasnya.
- Mempersiapkan beton *readymix* K300 dari Holcim.
- Mempersiapkan *mold* untuk pengujian material kuat tarik, kuat tekan, kuat lentur, dan kuat geser dari beton.
- Beton *decking* dibuat dari mortar instant dengan ukuran 4cmx4cmx2cm, setiap pelat menggunakan 6 buah beton *decking*.
- Sebagai pembuat lubang pada pelat, botol air mineral kemasan 1,5 L harus dalam kondisi yang cukup layak, seperti tidak bolong, tidak berubah bentuk, dan harus tertutup. Kemudian botol menjadi satu rangkaian menggunakan *duct tape*, yang dalam satu rangkaian terdapat 5 botol air mineral. Lalu dirangkai 5 rangkaian botol pada tulangan yang telah dipersiapkan menggunakan kawat bendrat dan benang nylon.
- Bekisting harus ditempatkan di tempat yang rata dan diukur dengan waterpass.



- Banyaknya *steel fiber* yang dibutuhkan disesuaikan antara komposisi per m<sup>3</sup> dengan banyaknya volume pembuatan.
- benda uji yang akan dibuat.
- Mempersiapkan wadah untuk tempat pencampuran beton dengan *steel fiber*.



Gambar 3.8 Bekisting dengan satu set tulangan dan rangkaian botol  
3.2.7 Proses Pengecoran

- Saat truk beton *readymix* telah sampai di lokasi, dilakukan uji slump.
- Masukkan beton dari truk *readymix* ke wadah pencampuran dengan dimasukkan *steel fiber* secara bersamaan, kemudian diaduk untuk mendapatkan campuran yang homogen.
- Ambil beton dari wadah pencampuran kemudian didistribusikan menuju bekisting pelat yang telah dipersiapkan.
- Kemudian lakukan pemadatan dan perapihan permukaan sampel.
- Selain itu juga dibuat sampel dengan *mold-mold* uji material.
- Jika terdapat botol yang mengambang sehingga mengurangi ketebalan rencana selimut beton atas, harus dilakukan upaya perbaikan.



Gambar 3.9 Proses mencampur *steel fiber* dengan beton segar



Gambar 3.10 Proses pengecoran pelat pada bekisting

### 3.2.8 Proses perbaikan

Dua tahap yang dilakukan pada permukaan beton yang cacat adalah:

*Chipping*

- Pada permukaan yang bergelombang akibat injakan binatang, dilakukan pembobokan atau *chipping*. *Chipping* ini bertujuan untuk membuat permukaan beton menjadi kasar sehingga akan terjadi *bonding* yang sempurna antara material beton dan material *grout*.
- Pembobokan dilakukan dengan menggunakan pahat dan palu pada area yang cekung atau cembung, jika cekung maka pembobokan dilakukan untuk membuat permukaan menjadi kasar, jika cembung, pembobokan dilakukan untuk membuang permukaan yang berlebih dan membuat agak lebih rendah dari permukaan normal agar cairan *sikagrout* dapat mengisi celah.
- Bersihkan partikel-partikel (debu) hasil *chipping* menggunakan air.

#### *Grouting*

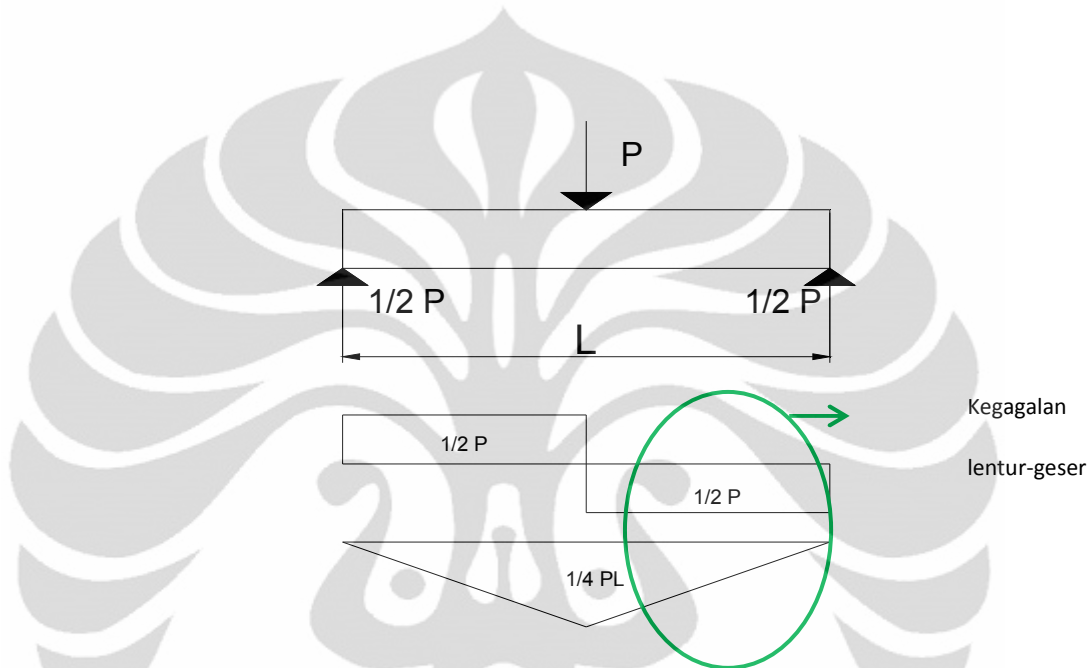
- Siapkan air dan *sikagrout* dengan perbandingan 1 liter air untuk 4 kg *sikagrout*.
- Campur dalam ember secara rata dan aduk terus-menerus selama 3 menit.
- Kemudian tunggu selama 25 menit sampai siap diaplikasikan
- Cairan *sikagrout* kemudian diaplikasikan (dicor) pada area permukaan yang telah di-*grouting*.
- Untuk pelat yang keropos tidak dilakukan tahap *chipping*, langsung ke tahap *grouting*. Masukkan cairan *sikagrout* ke bagian yang keropos, lalu tusuk-tusuk dengan besi kecil untuk mencegah ada udara yang terjebak di dalamnya. *Grouting* dilakukan 3 hari sebelum jadwal pengujian pelat



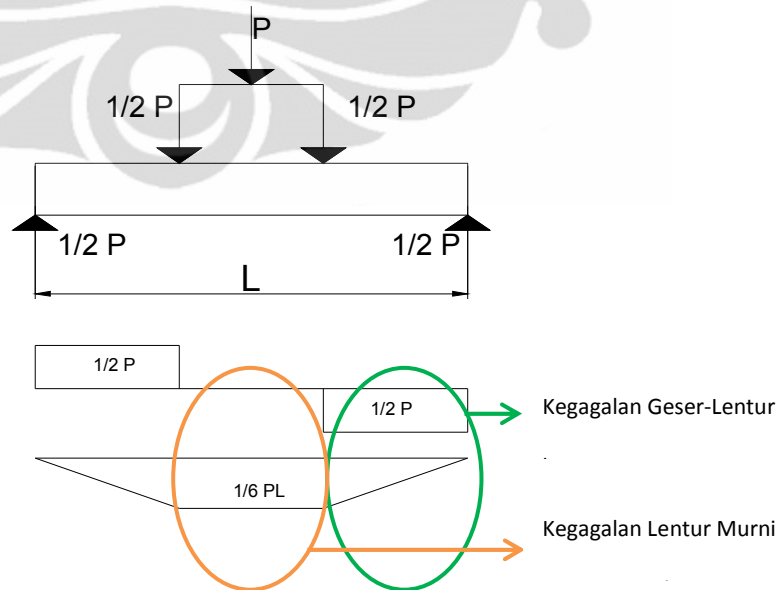
Gambar 3.11 *Chipping dan Grouting*

### 3.2.9 Metode Pengujian Pelat

Pengujian yang dilakukan untuk pelat adalah uji lentur *third point loading*. Keuntungan menggunakan metode ini dibandingkan dengan metode *center point loading* yang hanya akan diketahui kegagalan lentur-geser adalah dapat diketahui jenis kegagalan lentur murni atau lentur-geser.



Gambar 3.12 Skema Gaya Dalam Center Point Loading



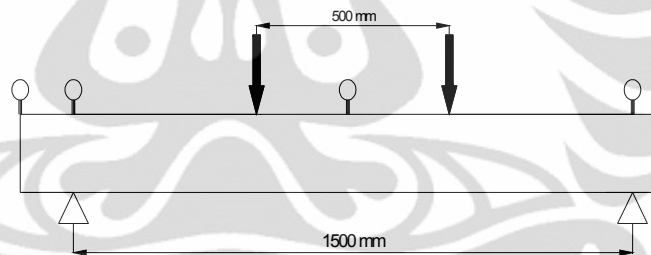
Gambar 3.13 Skema Gaya Dalam Third Point Loading

Pengujian dilakukan setelah pelat berusia 28 hari dan telah melewati proses *curing*.

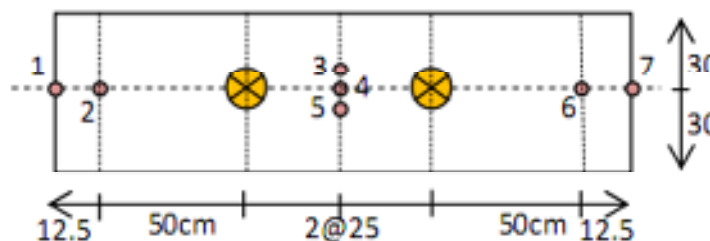
Metode yang dilakukan adalah pembebanan dua titik secara monotonic, yaitu benda uji dibebani secara menerus dengan interval tertentu sampai mencapai *failure*. Pengujian dengan metode ini dimaksudkan untuk mendapat kegagalan di area lentur murni atau area geser lentur.

Peralatan yang digunakan adalah:

- 1 set HI-Tech Magnus Frame
- 1 set hydraulic jack
- 2 buah baja profil I
- 9 buah dial gauge, dengan ketelitian 0,01mm



Gambar 3.14 Penempatan Benda Uji dan Posisi Dial



Gambar 3.15 Tampak atas posisi dial

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah:

- Permukaan samping pelat dicat dengan cat warna putih untuk memudahkan melihat retak rambut saat pengujian.
- Posisikan pelat pada frame sesuai gambar 18.
- Ukur dimensi pelat, yaitu tebal pelat sebanyak 6 kali, panjang pelat sebanyak 2 kali, dan lebar pelat sebanyak 2 kali.
- Permukaan pelat yang akan terkena ujung dial dihaluskan dengan gerinda terlebih dahulu, untuk mencegah dial tidak stabil.
- Mengukur dan menandai posisi dial akan dipasang dan letak beban.
- Memasang sembilan dial sesuai posisi pada Gambar 4.
- Setelah semua dial terpasang, baca dial untuk keadaan tanpa beban (Beban = 0).
- Memasang baja profil I pada garis beban yang telah ditentukan, kemudian ditumpuk dengan penyalur beban dari hydraulic jack.
- Lalu baca dial untuk kondisi beban sebesar 60 kg.
- Piston hydraulic jack mulai memanjang dan menekan penyalur beban.
- Kemudian memberikan pembebanan bertahap dengan nilai tertentu sampai mencapai nilai beban maksimum yang dapat ditahan pelat, nilai maksimum ini dapat dilihat jika benda uji telah mencapai *failure* dan *hydraulic jack* sudah tidak mampu lagi menekan benda uji.

Hal yang harus diamati dan dicatat selama pengujian adalah beban, lendutan, dan retak yang terjadi pada permukaan samping pelat.

## BAB 4

### HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini akan dibahas mengenai data hasil pengujian material, data hasil pengujian pelat, beserta analisisnya.

#### 4.1 Gambaran Umum

Penelitian ini dilaksanakan di area Fakultas Teknik, yaitu di Laboratorium Struktur dan Material untuk pengujian dan Lapangan Parkir Gedung *Engineering Center* untuk pembuatan benda uji. Benda uji yang digunakan untuk penelitian ini dibuat dalam 2 tahap pengecoran, yaitu pada tanggal 6 Februari 2011 dan 13 Maret 2011. Untuk setiap pengecoran digunakan beton *readymix* dari Holcim. Kemudian bekisting dan besi tulangan dipesan dari kontraktor, sedangkan untuk perakitan botol dan pembuatan beton decking telah dipersiapkan sendiri sebelum proses pengecoran. Seluruh pelat mendapatkan perlakuan *curing* yang sama, yaitu permukaannya dilapisi dengan karung goni dan disiram setiap hari selama 28 hari. Terdapat 5 benda uji pelat dengan campuran *steel fiber* dengan detail sebagai berikut:

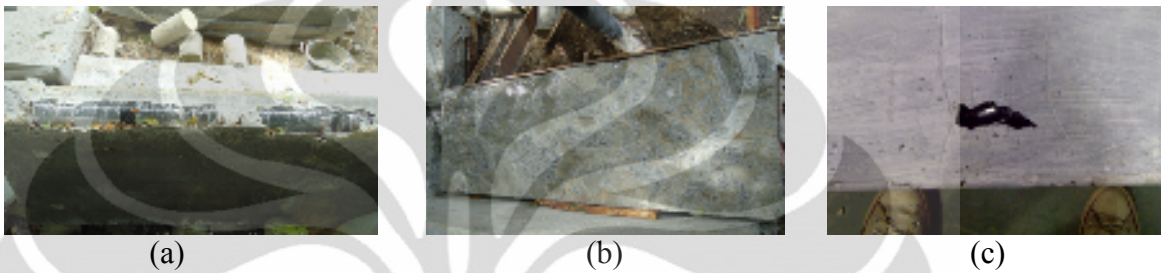
Tabel 4.1 Detail Benda Uji

No	Kode	Spesifikasi	Mutu Beton Hasil UPV	Tanggal Pengecoran	Tanggal Pengujian
1	HCS-SF 0,19%-1	Pelat hollow dengan tulangan longitudinal dan beton campuran steel fiber 15 kg /m <sup>3</sup>	K 309	6 Februari 2011	11 Mei 2011
2	HCS-SF 0,19%-3		K 321	13 April 2011	23 April 2011
3	HCS-SF 0,32%--1	Pelat hollow dengan tulangan longitudinal dan beton campuran steel fiber 25 kg /m <sup>3</sup>	K 308,9	6 Februari 2011	30 April 2011
4	HCS-SF 0,32%--2		K 309,8	6 Februari 2011	27 April 2011
5	HCS-SF 0,32%--3		K 328	13 April 2011	20 April 2011
6	5 Void HCS-1	Pelat hollow dengan tulangan longitudinal dan beton tanpa campuran	Merujuk pada penelitian Krisna Adi Surya		
7	5 Void HCS-2		Merujuk pada penelitian Krisna Adi Surya		
8	5 Void HCS-3		Merujuk pada penelitian Krisna Adi Surya		



- HCS-SF 0,19%-1: Benda uji dengan beton Holcim dari pengiriman truk *mixer* pada 6 Februari 2011. Menggunakan tulangan lentur, beton dicampur dengan steel fiber komposisi  $15 \text{ kg/m}^3$ , dan 5 lajur rangkaian botol. Terdapat sedikit keropos di sisi samping pelat yang kemudian di-*grouting*.
- HCS-SF 0,19%-2 : Benda uji dengan beton Holcim dari pengiriman truk *mixer* pada 6 Februari 2011. Menggunakan tulangan lentur, beton dicampur dengan steel fiber komposisi  $15 \text{ kg/m}^3$ , dan 5 lajur rangkaian botol. Benda uji gagal digunakan dalam penelitian ini karena pada proses pengecoran botol mengambang ke permukaan, lalu dilakukan pengikatan tambahan ke tulangan longitudinal tetapi kurang berhasil. Lalu dilakukan perbaikan cara lain, yaitu botol ditekan dengan batang kayu untuk menurunkan botol, dan cukup berhasil. Akan tetapi selimut beton atas yang belum *setting* dengan sempurna terinjak binatang sampai membuat botol mencuat ke atas sehingga sudah tidak bisa diperbaiki.
- HCS-SF 0,19%-3: Benda uji dengan beton Holcim dari pengiriman truk *mixer* pada 13 April 2011. Menggunakan tulangan lentur, beton dicampur dengan steel fiber komposisi  $15 \text{ kg/m}^3$ , dan 5 lajur rangkaian botol.
- HCS-SF 0,32%-1 : Benda uji dengan beton Holcim dari pengiriman truk *mixer* pada 6 Februari 2011. Menggunakan tulangan lentur, beton dicampur dengan steel fiber komposisi  $25 \text{ kg/m}^3$ , dan 5 lajur rangkaian botol. Terdapat keropos yang cukup luas di kedua sisi samping pelat yang kemudian di-*grouting*.
- HCS-SF 0,32%-2 : Benda uji dengan beton Holcim dari pengiriman truk *mixer* pada 6 Februari 2011. Menggunakan tulangan lentur, beton dicampur dengan steel fiber komposisi  $25 \text{ kg/m}^3$ , dan 5 lajur rangkaian botol. Benda uji ini mengalami cacat pada selimut beton atas, karena pada jangka *setting time* beton, benda uji ini terinjak oleh binatang hampir di seluruh area permukaan yang menyebabkan tebal selimut beton atas tidak sama. Permukaan benda uji seperti lembah dan bukit, sehingga bagian yang cembung hari dipotong dan dibuat sedikit lebih rendah dari normal, dan yang sudah cekung hanya dibobok agar permukaannya kasar. Setelah itu benda uji di-*grouting* dengan cairan *sikagrout*.

- HCS-SF 0,32%-3 : Benda uji dengan beton Holcim dari pengiriman truk *mixer* pada 13 April 2011. Menggunakan tulangan lentur, beton dicampur dengan steel fiber komposisi 25 kg/m<sup>3</sup>, dan 5 lajur rangkaian botol. Terdapat keropos sedikit di bagian bawah pelat yang kemudian dimasukkan cairan *sikagrout*.



Gambar 4.1 Cacat Pada Benda Uji (a) SF-25 HCS-2, (b) SF 25 HCS-1, dan (c) SF 25 HCS-3

## 4.2 Hasil Pengujian

### 4.2.1 Uji Material

Berikut akan dibahas hasil pengujian material dari variasi beton yang digunakan dalam penelitian ini. Seluruh pengujian ini dilakukan setelah mengalami proses *curing* dengan usia beton sudah mencapai 28 hari.

#### 4.2.1.1 Kuat Tekan Beton

Untuk pengecoran pada tanggal 6 Februari 2011, terdapat dua kali pengiriman readymix, yaitu pagi dan sore. Dari hasil uji kuat tekan untuk pengecoran tanggal 6 Februari terlihat sedikit peningkatan kuat tekan. Akan tetapi untuk pengecoran pada tanggal 13 Maret malah terlihat sedikit penurunan kuat tekan. Oleh karena itu sulit dilihat kecenderungan dalam uji material ini.

Tabel 4.2 Data Benda Uji Kuat Tekan Pengecoran Tahap I

Kode Benda Uji	P max	fc' (MPa)	fc' rata-rata (MPa)
P6	50	27,76	26,25776
P7	54,5	30,25	
P8	41,5	23,04	
P9	45	24,98	
P10	45,5	25,26	
S1	50,5	28,03	26,78514
S2	41	22,76	
S3	47,5	26,37	
S4	54	29,98	
0,32-6	49,5	27,48	28,03418
0,32-7	52,5	29,14	
0,32-8	51	28,31	
0,32-9	49,5	27,48	
0,32-10	50	27,76	
0,19-6	54,5	30,25	27,64559
0,19-7	52	28,87	
0,19-8	45,5	25,26	
0,19-9	52	28,87	
0,19-10	45	24,98	

Tabel 4.3 Data Benda Uji Kuat Tekan Pengecoran Tahap II

Kode Benda Uji	P max	fc'	fc' (rata-rata)
		(MPa)	(MPa)
B-6	33,06	33,05917413	33,9234533
B-7	31,70	31,70346604	
B-8	35,26	35,25663219	
B-9	35,58	35,58499153	
B-10	34,01	34,01300278	
0,19-6	32,31	32,31123789	32,3879303
0,19-7	32,33	32,32679532	
0,19-8	30,31	30,31365806	
0,19-9	33,11	33,10899454	
0,19-10	33,88	33,87896586	
0,32-6	32,01	32,00501301	33,5982784
0,32-7	36,84	36,83543417	
0,32-8	32,69	32,6858964	
0,32-9	33,50	33,49887545	
0,32-10	32,97	32,96617277	



Gambar 4.2 Uji Tekan Beton

#### 4.2.1.2 Kuat Tarik Belah Beton

Uji tarik belah bertujuan untuk melihat nilai  $f_t'$  dari material. Untuk setiap variasi dibuat 5 buah benda uji. Pada pengecoran tahap kedua untuk jenis SF 0,32% hanya terdapat tiga buah sampel dikarenakan kekurangan volume beton. Dari pengecoran tahap pertama bisa dilihat penurunan nilai kuat tarik, jika dilihat penyimpangannya terdapat beberapa benda uji yang memiliki nilai penyimpangan besar. Untuk benda uji kode P dan 0,32 terdapat 3 benda uji dengan penyimpangan di atas 14%, sedangkan untuk benda uji 0,19 terdapat 1 benda uji dengan penyimpangan di atas 19%. Pada uji material ini kurang dapat dilihat kecenderungan karena kurangnya benda uji dan hasil pengujian yang cukup *valid*.

Tabel 4.4 Uji Kuat Tarik Belah Pengecoran I

Kode	P max	Kuat Tarik Belah (MPa)	ft' rata-rata
			(Mpa)
P1	25	3,50	3,02
P2	24,5	3,43	
P3	17	2,38	
P4	20,5	2,87	
P5	21	2,94	
0,32-1	24	3,36	2,97
0,32-2	20	2,80	
0,32-3	17,5	2,45	
0,32-4	24,5	3,43	
0,32-5	20	2,80	
0,19-1	23	3,22	2,94
0,19-2	22	3,08	
0,19-3	16,5	2,31	
0,19-4	21,5	3,01	
0,19-5	22	3,08	

Untuk uji tarik pada pengecoran tahap kedua penyimpangan terbesar pada benda uji dengan kode 0,19 paling besar penyimpangannya karena pada data 0,19-1 terdapat nilai dengan rentang yang jauh. Peletakkan *strip* kayu tidak tepat lurus menghasilkan nilai penhujian dari benda uji 0,19-1 sangat rendah, jika nilai uji dari benda uji ini dianggap tidak ada maka nilai penyimpangannya turun

dibawah 10% untuk semua benda uji 0,19. Sedangkan untuk benda uji dengan kode 0,32 hanya terdapat satu benda uji dengan nilai penyimpangan dibawah 14%. Seluruh benda uji tidak mengalami belah menjadi dua karena terdapat ikatan antara *steel fiber* dengan beton.

Tabel 4.5 Uji Kuat Tarik Belah Pengecoran II

Kode	P max	Kuat Tarik Belah (MPa)	ft' rata-rata
			(Mpa)
B-1b	26,75	3,73	3,67
B-2b	25	3,49	
B-3b	27,5	3,86	
B-4b	27,5	3,89	
B-5b	23,75	3,37	
0,19-1	17	2,36	3,67
0,19-2	26,75	3,72	
0,19-3	26,75	3,75	
0,19-4	25	3,53	
0,19-5	28,75	4,05	
0,32-1	27,5	3,83	4,17
0,32-2	35	4,95	
0,32-3	26,75	3,72	



Gambar 4.3 Uji Tarik Belah

#### 4.2.1.3 Kuat Lentur Beton

Pengujian material ini bertujuan untuk mencari nilai *modulus of rupture* (R) dari variasi material yang dibuat. Untuk setiap variasi dibuat tiga buah benda uji. Untuk pengujian ini nilai penyimpangannya tidak terlalu besar, hampir semua benda uji memiliki nilai penyimpangan dibawah 16%, kecuali benda uji dengan kode B pada pengecoran tahap kedua. Untuk nilai R rata-rata dapat dilihat terdapat kecenderungan nilai R meningkat seiring dengan pertambahan komposisi *steel fiber*. Lalu untuk benda uji B, yaitu benda uji beton normal semua benda uji terbelah menjadi dua. Untuk benda uji dengan tambahan *steel fiber* hanya retak besar tetapi tidak terbelah.

Tabel 4.6 Uji Kuat Lentur Pengecoran Tahap I

Kode	P max	R (MPa)	R rata-Rata (MPa)
B1	25	5,16	5,57
B2	30	6,04	
B3	27	5,51	
0,19-1	30	6,04	6,16
0,19-2	35	6,93	
0,19-3	27	5,51	
0,32-1	34	6,76	6,58
0,32-2	33	6,58	
0,32-3	32	6,40	

Tabel 4.7 Uji Kuat Lentur Pengecoran Tahap II

Kode	P max	R (MPa)	R rata-Rata (MPa)
B-1	36	4,80	6,04
B-2	30	6,04	
B-3	37	7,29	
0,19-1	35	6,66	6,54
0,19-2	33	6,50	
0,19-3	33	6,46	
0,32-1	40	7,53	7,14
0,32-2	32	6,34	
0,32-3	40	7,53	



Gambar 4.4 Benda Uji Kuat Lentur

#### 4.2.1.4 Kuat Geser Beton

Pengujian ini dilakukan untuk mencari nilai kuat geser dari variasi material yang digunakan. Untuk pengecoran tahap pertama, untuk masing-masing jenis dibuat lima buah benda uji sedangkan untuk tahap kedua hanya tiga buah benda uji untuk setiap jenis material. Untuk nilai hasil pengujian pada tahap I nilai penyimpangannya sangat besar, dengan rentang penyimpangan dari 21% hingga 67%. Ini disebabkan karena pada benda uji dengan kode B-3; 0,19-3; dan 0,32-3 memiliki nilai pengujian yang berbentuk jauh dengan benda uji yang lain. Jika nilai benda uji ini dianggap tidak valid, nilai penyimpangan hanya berkisar dari 6%-16%. Untuk pengecoran tahap I dapat terlihat nilai kuat geser yang cukup meningkat berbanding lurus dengan peningkatan komposisi *steel fiber*.

Tabel 4.8 Uji Kuat Geser Pengecoran Tahap I

Kode	Hasil Pengujian	Tegangan Geser (MPa)	Tegangan Geser Rata-Rata (MPa)
B1	3,23	4,69	4,37
B2	3,06	4,45	
B3	1,45	2,11	
B4	3,17	4,61	
B5	4,11	5,97	



0,19-1	3,7	5,38	5,09
0,19-2	3,66	5,32	
0,19-3	2,2	3,20	
0,19-4	3,81	5,54	
0,19-5	4,14	6,02	
0,32-1	3,81	5,54	7,00
0,32-2	4,22	6,13	
0,32-3	5,12	7,44	
0,32-4	6,57	9,55	
0,32-5	4,37	6,35	

Untuk pengujian dari pengecoran tahap kedua hanya dibuat tiga buah benda uji untuk masing-masing jenis material. Kecenderungan pada pengujian ini kurang dapat dilihat karena jumlah benda uji yang kurang banyak sehingga tidak terdapat sebaran data yang baik.

Tabel 4.9 Uji Kuat Geser Pengecoran Tahap II

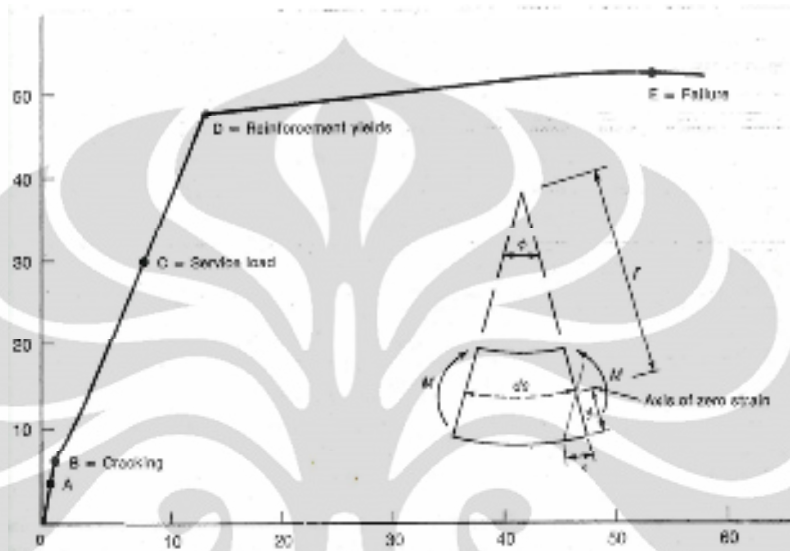
Kode	Hasil Pengujian	Tegangan Geser (MPa)	Tegangan Geser Rata-Rata (MPa)
B-1	3,99	5,80	5,98
B-2	5,15	7,48	
B-3	3,21	4,67	
0,19-1	3,73	5,42	5,17
0,19-2	3,81	5,54	
0,19-3	3,13	4,55	
0,32-1	3,28	4,77	5,24
0,32-2	3,77	5,48	
0,32-3	3,77	5,48	



Gambar 4.5 Benda Uji Kuat Geser

#### 4.2.2 Uji Pelat

Berikut adalah contoh pengolahan data hasil pengujian benda uji pelat yang didapat dari pembacaan dial gauge mulai dari kondisi tanpa beban hingga benda uji menncapai P Maksimum.



Gambar 4.6 Momen-kurvatur Beton Bertulang

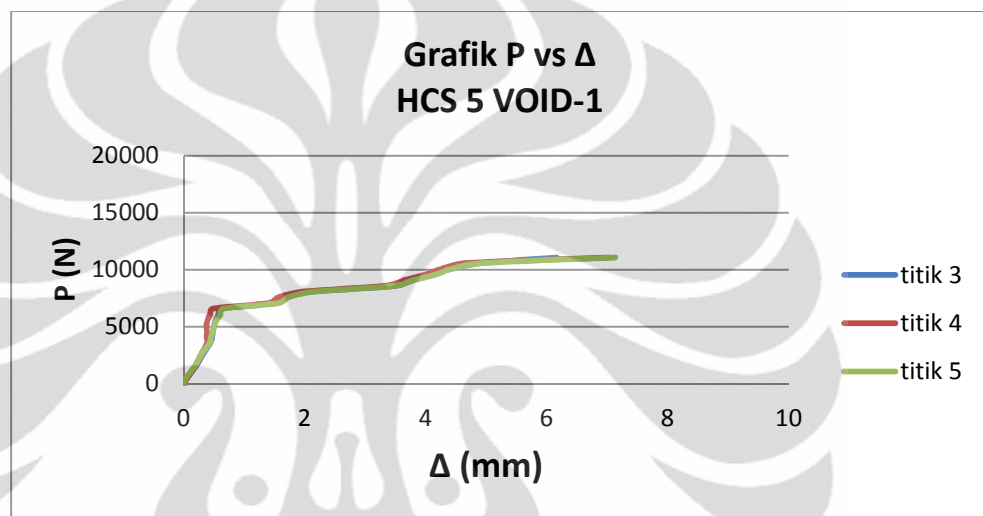
Pada grafik momen kurvatur dapat dilihat zona plastis dan elastis dari beton bertulang. Dari titik 0-B adalah zona elastis penampang. Regangan pada wilayah ini sangat kecil dengan distribusi tegangan masih linear. Setelah mencapai titik B dimana beton sudah tidak bisa menahan tegangan tarik dan kemudian akan ditransfer keseluruhan ke tulangan atau bila dilihat dari eksperimen laboratorium, penampang akan mengalami *first crack* makadari titik ini kekakuan penampang berkurang dan akan bersifat plastis. Pada wilayah B-D adalah wilayah *service load*, dengan garis yang masih cukup linear walaupun sudah plastis. Setelah titik D, tulangan sudah mencapai titik leleh dan akan mencapai *failure* pada titik E.

Dalam penelitian ini tidak akan didapat grafik momen –kurvatur, tetapi grafik beban dengan lenduta dan grafik momen denga putaran sudut. Dari hasil yang didapat, proses benda uji sampai mencapai beban maksimum menyerupai wilayah dari grafik momen-kurvatur di atas.

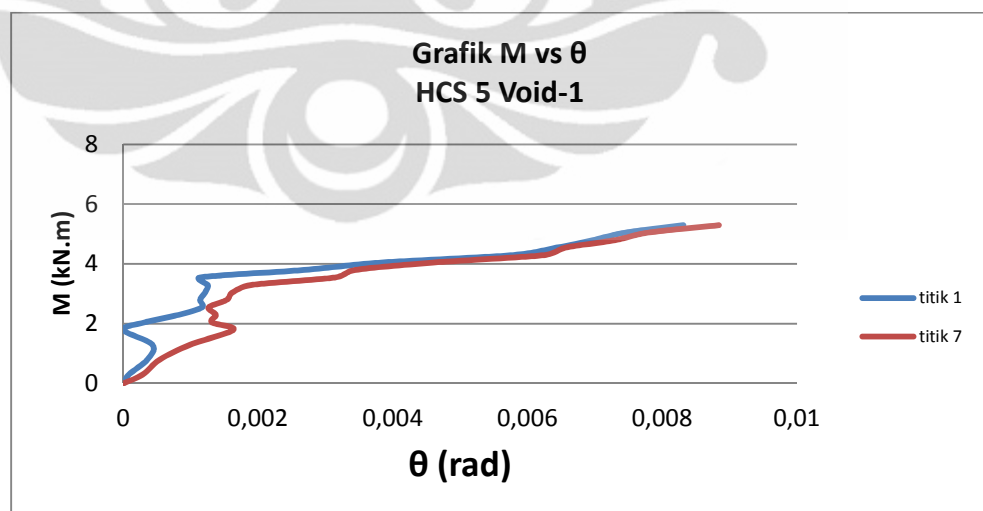
#### 4.2.2.1 HCS 5 VOID

##### 1. HCS 5 VOID-1

Benda uji ini menggunakan beton dari pengecoran tahap I dengan  $f_c'$  sebesar 26,5 Mpa. Pelat ini mencapai P maksimum pada 10,588 kN dengan lendutan maksimum sekitar 7 mm.



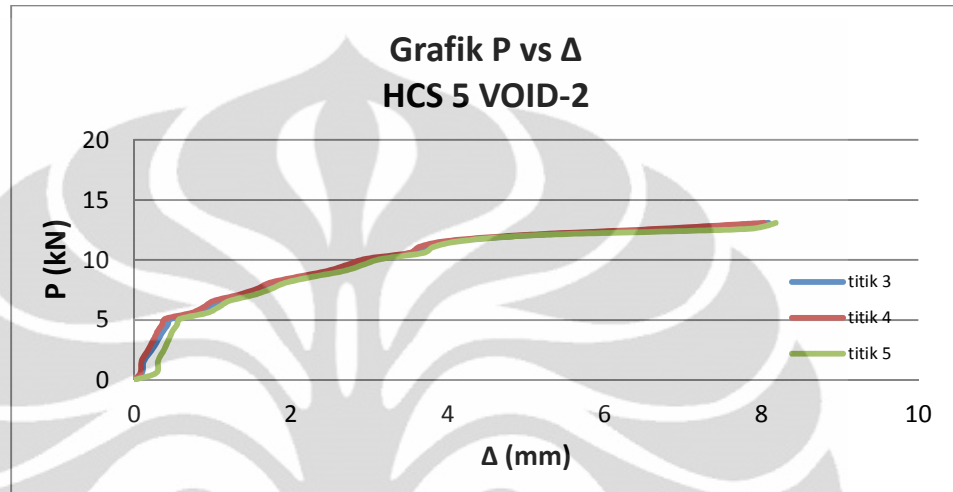
Gambar 4.7 Grafik P vs  $\Delta$ HCS 5 Void-1



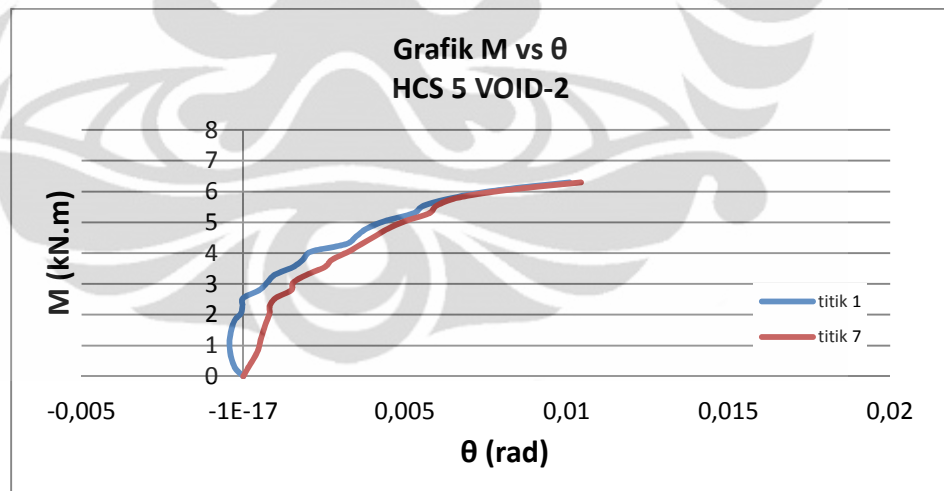
Gambar 4.8 Grafik M vs  $\theta$ HCS 5 Void-1

## 2. HCS 5 VOID-2

Benda uji ini menggunakan beton dari pengecoran tahap I dengan  $f_c'$  sebesar 26,5 Mpa. Pelat ini mencapai P maksimum pada 12,588 kN dengan lendutan maksimum sekitar 7 mm.



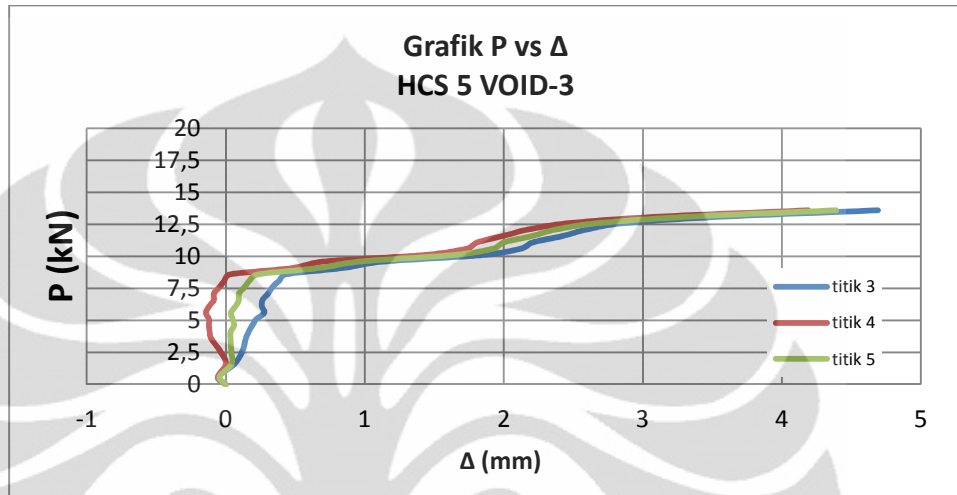
Gambar 4.9 Grafik P vs  $\Delta$  HCS 5 Void-2



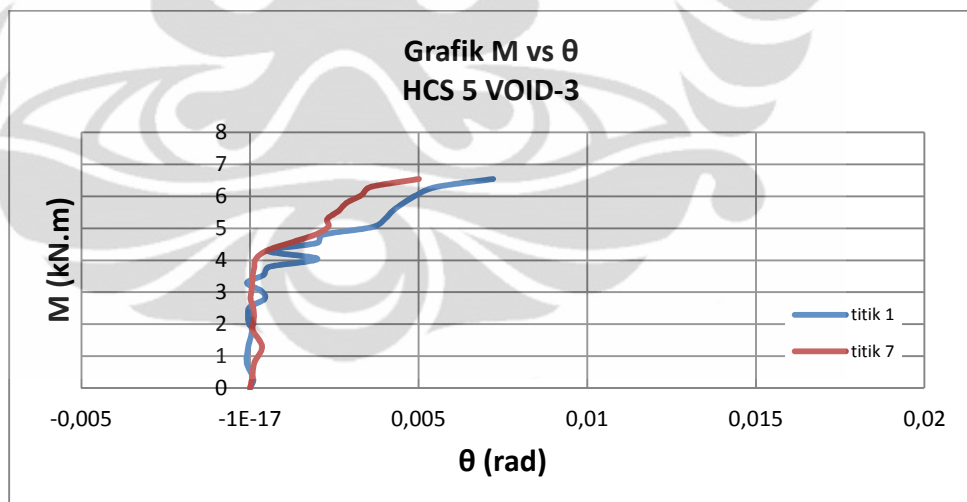
Gambar 4.10 Grafik M vs  $\Delta\theta$  HCS 5 Void-2

### 3. HCS 5 VOID-3

Benda uji ini menggunakan beton dari pengecoran tahap II dengan  $f_c'$  sebesar 34 Mpa. Pelat ini mencapai P maksimum pada 13,088 kN dengan lendutan maksimum hampir 5 mm.



Gambar 4.11 Grafik P vs  $\Delta$  HCS 5 Void-3



Gambar 4.12 Grafik M vs  $\theta$  HCS 5 Void-3

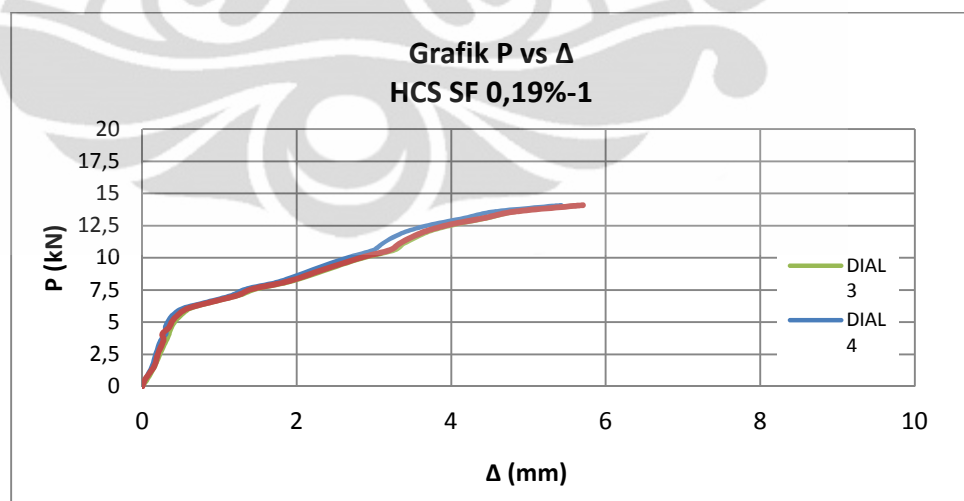
#### 4.2.2.2 HCS SF 0,19%

Untuk HCS dengan campuran *steel fiber* 0,19% hanya terdapat dua sampel pelat dikarenakan sampel SF 0,19%-2 mengalami gagal permukaan sangat parah akibat terinjak oleh binatang selama *setting time* sehingga tidak dapat diperbaiki.

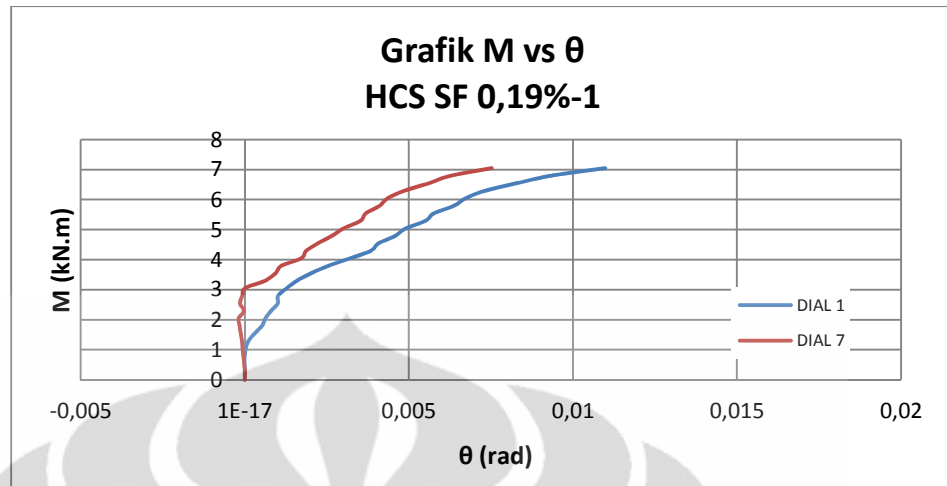
##### 1. HCSSF 0,19%-1

Dua grafik dibawah ini menggambarkan hubungan beban dan lendutan atau “P vs  $\Delta$ ” dan hubungan besar gaya dalam momen yang terjadi dengan putaran sudut atau “M vs  $\theta$ ” dari benda uji HCS SF 0,19%-1.

Dari kedua grafik di bawah, dapat dilihat terjadi garis yang cukup linear hingga beban mencapai *first crack* pada beban 6,088 kN dengan lendutan sebesar 0,465 mm pada grafik P vs  $\Delta$  dan pada 3,044 kN.m kemudian terjadi perubahan gradien, garis masih linear tapi penampang sudah mencapai zona plastis. Beban maksimum yang terjadi pada benda uji ini sebesar 14,088 kN, yang dengan jarak beban ke perletakkan sebesar 50 cm kemudian menghasilkan momen maksimum yang terjadi sebesar 7,044 kN.m. lendutan maksimum yang terjadi sebesar 5,605 mm pada tengah bentang.



Gambar 4.13 Grafik P vs  $\Delta$  HCS SF 0,19%-1



Gambar 4.14 Grafik M vs  $\theta$  HCS SF 0,19%-1

Pola retak yang terjadi pada benda uji ini dominan retak lentur murni karena terjadi pada bagian di bentang antara dua beban dan *first crack* terjadi pada area ini. Tetapi setelah beban cukup tinggi, yaitu 13,088 kN terjadi retak geser-lentur di sisi 1 pada bentang antara beban dan perletakan.



Gambar 4.15 Pola Retak HCS SF 0,19%-1 Sisi 2

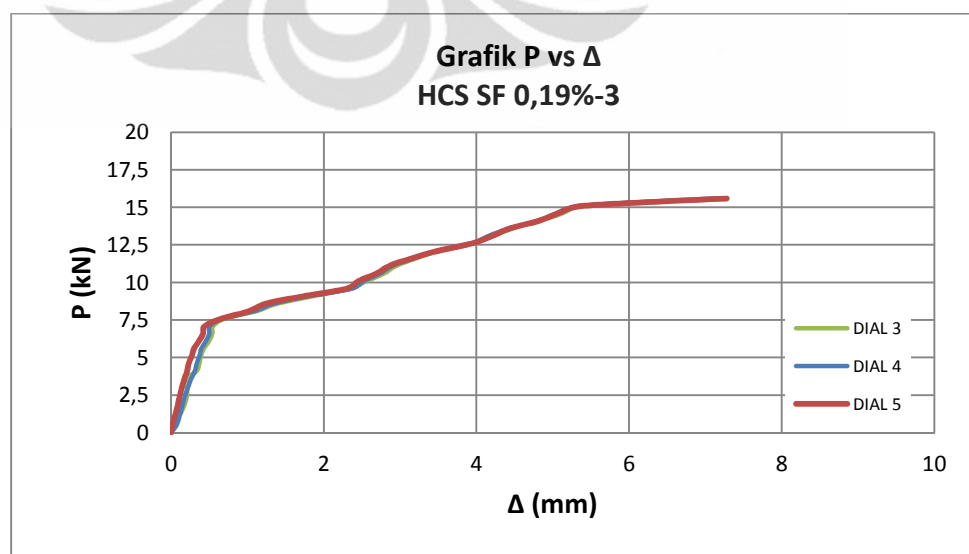


Gambar 4.16 Pola Retak HCS SF 0,19%-1 Sisi 1

## 2. HCSSF 0,19%-3

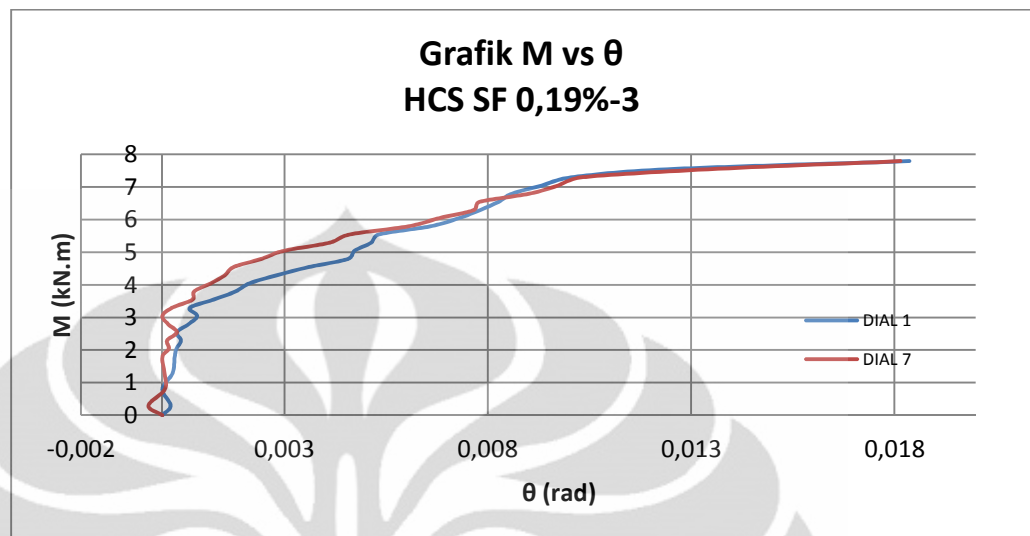
Dua grafik dibawah ini menggambarkan hubungan beban dan lendutan atau “P vs  $\Delta$ ” dan hubungan besar gaya dalam momen yang terjadi dengan putaran sudut atau “M vs  $\theta$ ” dari benda uji HCS SF 0,19%-3.

Dari kedua grafik di bawah, dapat dilihat terjadi garis yang cukup linear hingga beban mencapai *first crack* pada beban 7,588 kN dengan lendutan sebesar 0,682 mm pada grafik P vs  $\Delta$  dan pada 3,794 kN.m. Beban maksimum yang terjadi pada benda uji ini sebesar 15,588 kN, yang dengan jarak beban ke perletakkan sebesar 50 cm kemudian menghasilkan momen maksimum yang terjadi sebesar 7,044 kN.m. lendutan maksimum yang terjadi sebesar 7,22 mm pada tengah bentang.



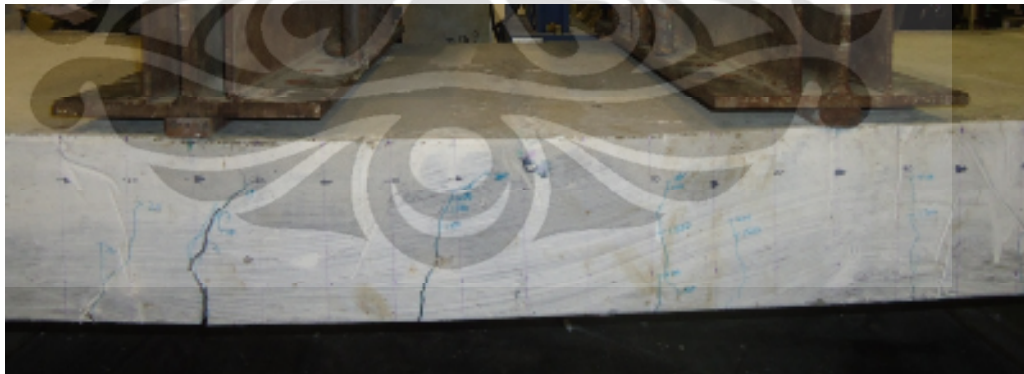
Gambar 4.17 Grafik P vs  $\Delta$  HCS SF 0,19%-3



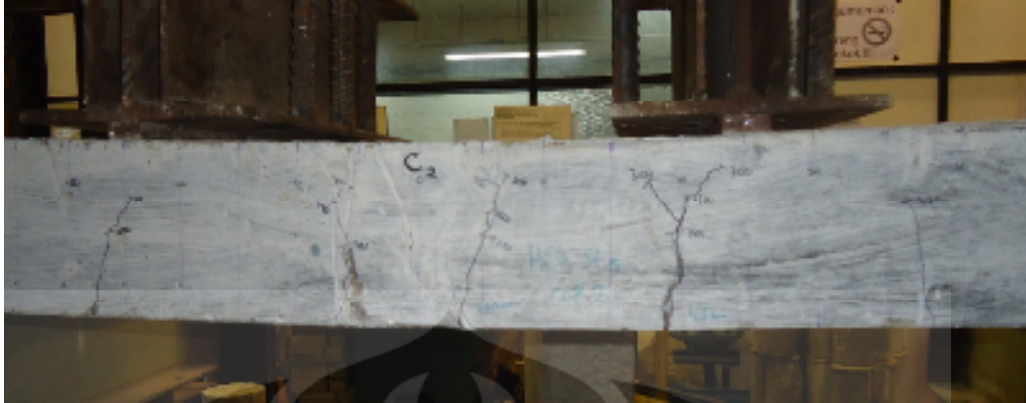


Gambar 4.18 Grafik M vs  $\theta$  HCS SF 0,19%-3

Pola retak yang terjadi pada benda uji ini dominan retak lentur murni karena terjadi pada bagian di bentang antara dua beban dan *first crack* terjadi pada area ini. Tetapi setelah beban cukup tinggi, yaitu 12,088 kN terjadi retak di area geser-lentur sisi pelat 2 pada bentang antara beban dan perletakan.



Gambar 4.19 Pola Retak HCS SF 0,19%-3 Sisi 1



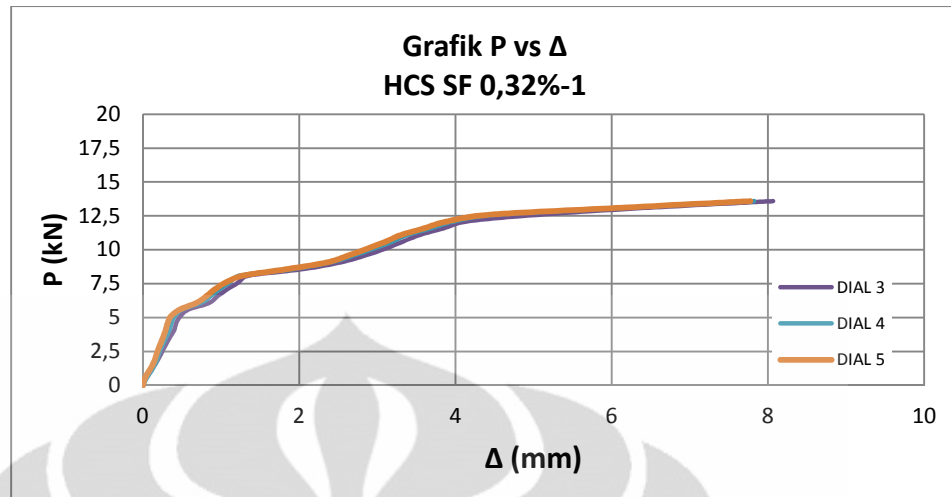
Gambar 4.20 Pola Retak HCS SF 0,19%-3 Sisi 2

#### 4.2.2.3 HCS SF 0,32%

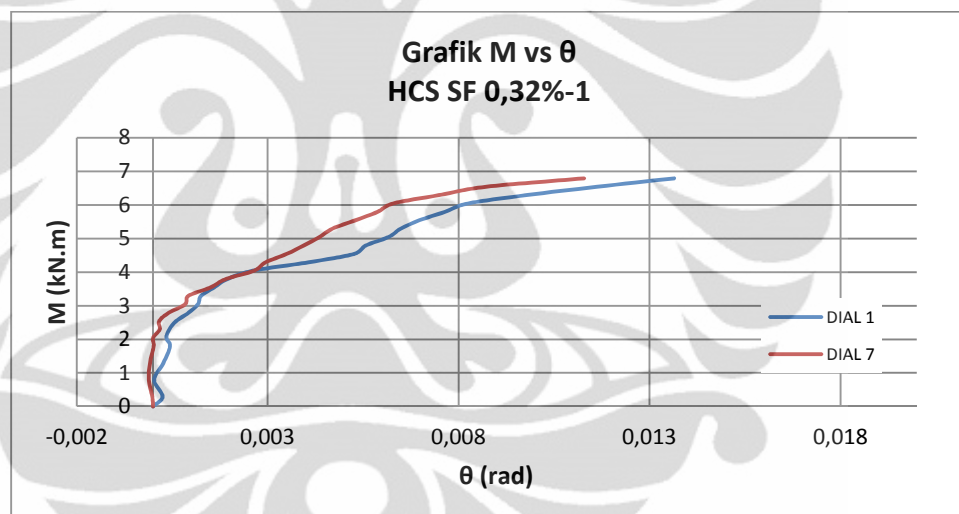
##### 1. HCSSF 0,32%-1

Grafik-grafik dibawah ini menggambarkan hubungan beban dan lendutan atau “P vs  $\Delta$ ” dan hubungan besar gaya dalam momen yang terjadi dengan putaran sudut atau “M vs  $\theta$ ” dari benda uji HCS SF ,32%-1.

Dari kedua grafik di bawah, dapat dilihat terjadi garis yang cukup linear hingga beban mencapai *first crack* pada beban 5,588 kN dengan lendutan sebesar 0,5 mm pada grafik P vs  $\Delta$  dan pada 2,794 kN.m. Beban maksimum yang terjadi pada benda uji ini sebesar 13,588 kN, yang dengan jarak beban ke perletakkan sebesar 50 cm kemudian menghasilkan momen maksimum yang terjadi sebesar 6,794 kN.m. lendutan maksimum yang terjadi sebesar 7,88 mm pada tengah bentang.



Gambar 4.21 Grafik P vs Δ HCS SF 0,32%-1



Gambar 4.22 Grafik M vs θ HCS SF 0,32%-1

Pola retak yang terjadi pada benda uji ini dominan retak lentur murni karena terjadi pada bagian di bentang antara dua beban dan *first crack* terjadi pada area ini. Tetapi setelah beban 8,088 kN terjadi retak di area geser-lentur sisi pelat 2 pada bentang antara beban dan perletakan.



Gambar 4.23 Pola Retak HCS SF 0,32%-1 Sisi 2

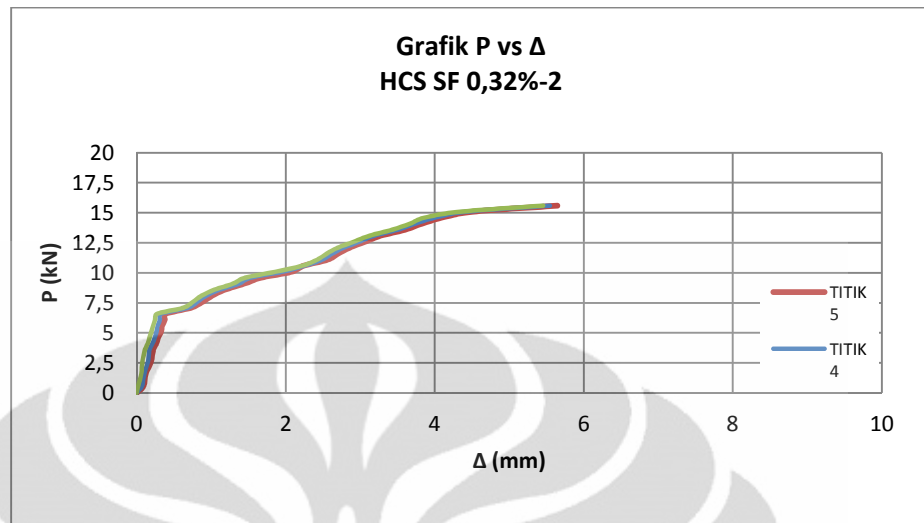
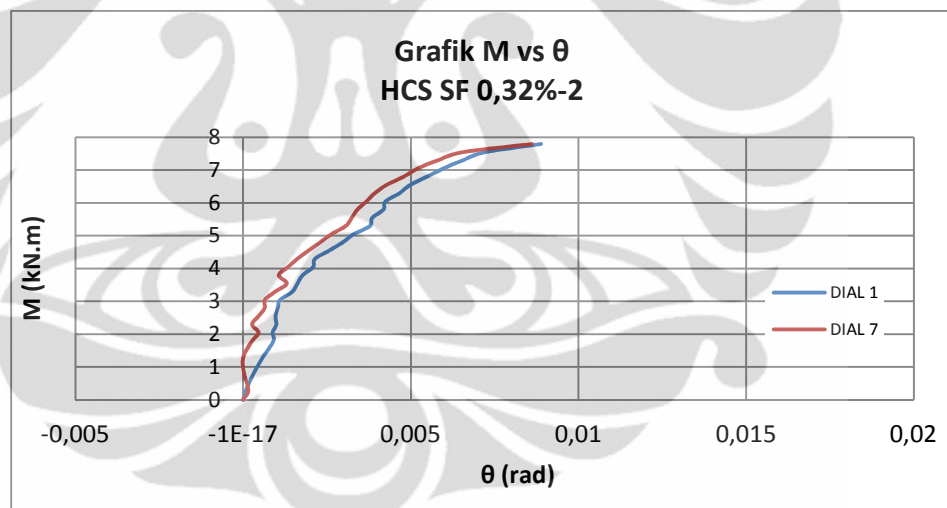


Gambar 4.24 Pola Retak HCS SF 0,32%-1 Sisi 1

## 2. HCSSF 0,32%-2

Grafik-grafik dibawah ini menggambarkan hubungan beban dan lendutan atau “P vs  $\Delta$ ” dan hubungan besar gaya dalam momen yang terjadi dengan putaran sudut atau “M vs  $\theta$ ” dari benda uji HCS SF ,32%-2.

Dari kedua grafik di bawah, dapat dilihat terjadi garis yang cukup linear hingga beban mencapai *first crack* pada beban 7,088 kN dengan lendutan sebesar 0,99 mm pada grafik P vs  $\Delta$  dan pada grafik M vs  $\theta$  3,544 kN.m. Beban maksimum yang terjadi pada benda uji ini sebesar 15,588 kN, yang dengan jarak beban ke perletakkan sebesar 50 cm kemudian menghasilkan momen maksimum yang terjadi sebesar 7,544 kN.m. lendutan maksimum yang terjadi sebesar 5,548 mm pada tengah bentang.

Gambar 4.25 Grafik P vs  $\Delta$  HCS SF 0,32%-2Gambar 4.26 Grafik M vs  $\theta$  HCS SF 0,32%-2

Pola retak yang terjadi pada benda uji ini dominan retak lentur murni karena terjadi pada bagian di bentang antara dua beban dan *first crack* terjadi pada area ini.



Gambar 4.27 Pola retak benda uji HCS SF 0,32%-2 sisi 2



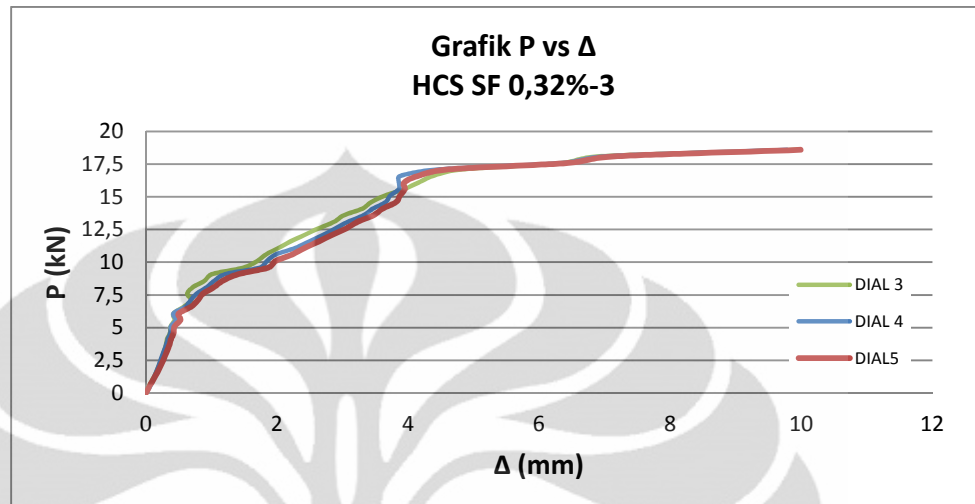
Gambar 4.28 Pola retak benda uji HCS SF 0,32%-2 sisi 1

### 3. HCSSF 0,32%-3

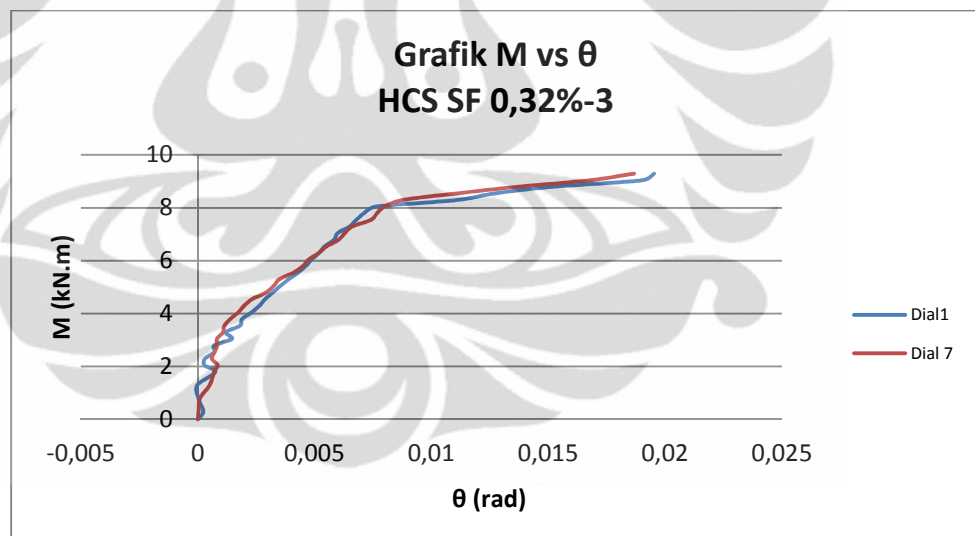
Grafik-grafik dibawah ini menggambarkan hubungan beban dan lendutan atau “P vs  $\Delta$ ” dan hubungan besar gaya dalam momen yang terjadi dengan putaran sudut atau “M vs  $\theta$ ” dari benda uji HCS SF ,32%-3.

Dari kedua grafik di bawah, dapat dilihat terjadi garis yang cukup linear hingga beban mencapai *first crack* pada beban 7,588 kN dengan lendutan sebesar 0,78 mm pada grafik P vs  $\Delta$  dan pada grafik M vs  $\theta$  3,794 kN.m kemudian terjadi belokan garis menjadi non-linear. Beban maksimum yang terjadi pada benda uji ini sebesar 18,588 kN, yang dengan jarak beban ke perletakkan sebesar 50 cm

kemudian menghasilkan momen maksimum yang terjadi sebesar 9,924 kN.m. lendutan maksimum yang terjadi sebesar 9,9 mm pada tengah bentang.



Gambar 4.29 Grafik P vs  $\Delta$  HCS SF 0,32%-3



Gambar 4.30 Grafik M vs  $\theta$  HCS SF 0,32%-3



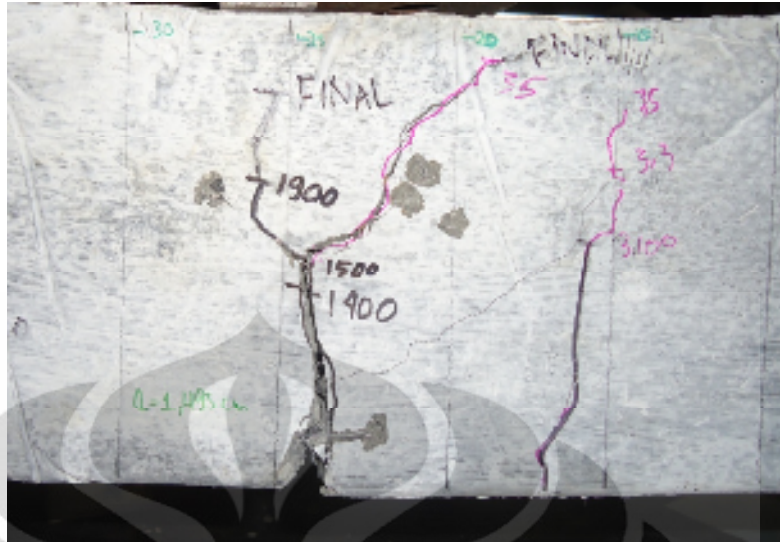
Gambar 4.31 Pola Retak Benda Uji HCS SF 0,32%-3 Sisi 1

Pola retak yang terjadi pada benda uji ini dominan retak lentur murni karena terjadi pada bagian di bentang antara dua beban dan *first crack* terjadi pada area ini. Tetapi setelah beban 15,088 kN terjadi retak di area geser-lentur sisi pelat 1 pada bentang antara beban dan perletakan. Lebar retak terbesar yang terdapat di sisi 2 pelat sebesar 4,65 mm dan untuk sisi 1 sebesar 14,95 mm yang terjadi di area lentur murni. Dapat dilihat dari gambar dibawah saat beton mengalami keretakan besar, terdapat ikatan steel fiber didalam beton yang menjaga keretakan lebih besar.



Gambar 4.32 Pola Retak Benda Uji HCS SF 0,32%-3 Sisi 2





Gambar 4.33 Kondisi steel fiber di dalam beton saat retak

### 4.3 Analisis Hasil

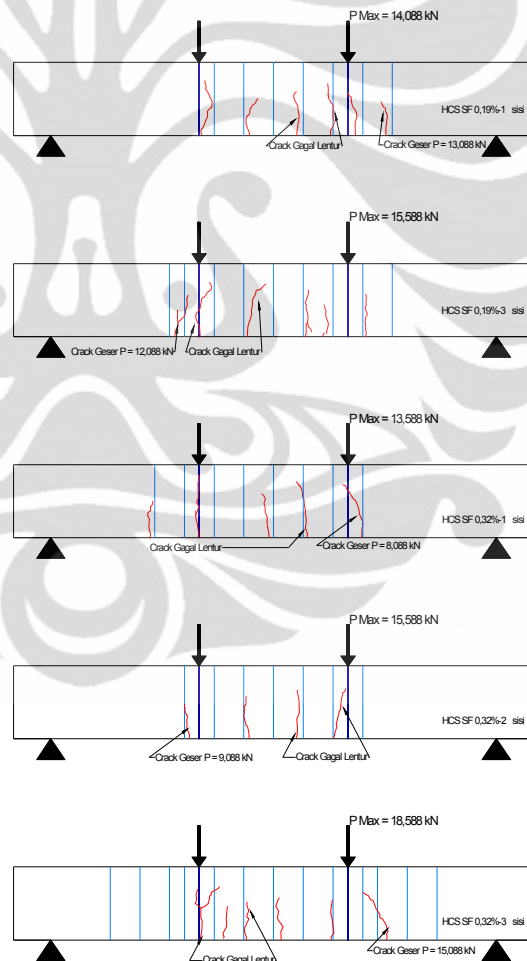
#### 4.3.1 Jenis Kegagalan

Pada penelitian ini retak yang diamati hanya dari sisi samping pelat dari *first crack* hingga retak memanjang dan melebar sampai tercapainya tegangan leleh baja tulangan yang dapat dilihat dari pencapaian beban maksimum. Secara keseluruhan kegagalan yang dialami pada benda uji dalam penelitian ini terjadi pada area lentur murni, yaitu pada bentang di antara beban. Akan tetapi ditemukan juga retak di area geser-lentur ketika beban melebihi 50% P maksimum. Retak yang terjadi di area geser lentur bukan retak kegagalan karena tidak melebar seperti retak lentur di tengah bentang. Pada benda uji SF 0,32%-1 retak pada area geser muncul di pada beban 8,088 kN, terendah dibanding benda-benda uji yang lain. Dengan retak geser muncul pada beban yang tidak begitu tinggi, mengurangi kekakuan pelat lebih cepat sehingga P maksimum yang dicapai menjadi tidak begitu tinggi, hanya 13,588 kN. Akan tetapi pada benda uji ini dilakukan perbaikan *grouting* yang cukup luas pada kedua sisi pelat karena botol sedikit menyembul keluar, kemungkinan posisi-posisi botol di dalam pelat tidak beraturan atau dempet, menyebabkan ada beberapa area yang tidak terisi beton

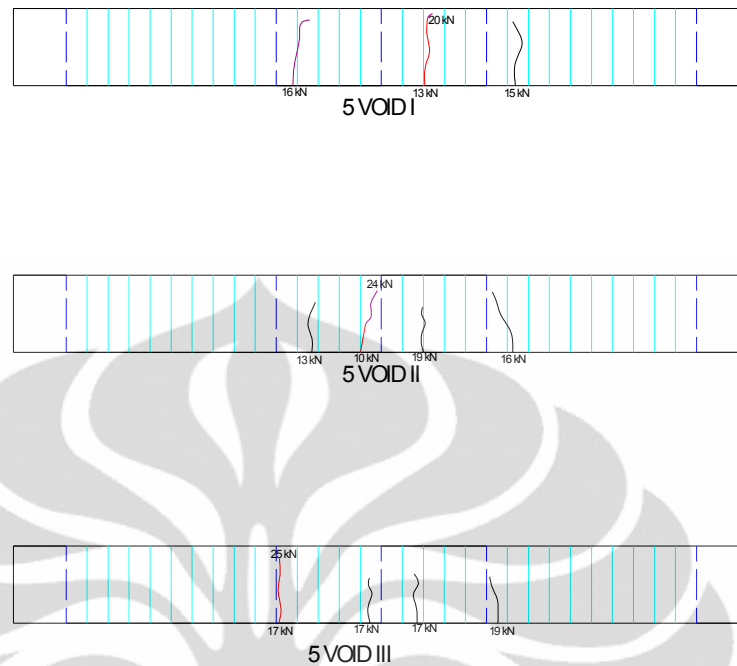
atau keropos. Ini juga memungkinkan kecilnya nilai  $P$  maksimum yang dicapai, hanya 13,588 kN, lebih kecil dari HCS SF 0,19%-1 yaitu sebesar 14,088 kN.

Untuk benda uji HCS 5 Void juga menunjukkan kegagalan retak di area lentur murni. Pada area lentur-geser terdapat retak, tetapi pada pembebanan tinggi dan tidak terjadi kegagalan di wilayah tersebut.

Retak geser dengan beban terbesar muncul pada SF HCS-0,32%, yaitu pada beban 15,088 kN atau sekitar 81%  $P$  maksimum yang dicapai pelat. Dengan retak geser yang muncul tidak terlalu cepat, kekakuan pelat pada area perletakan dan beban tidak cepat berkurang yang memungkinkan pelat mencapai  $P$  Maksimum yang cukup tinggi.



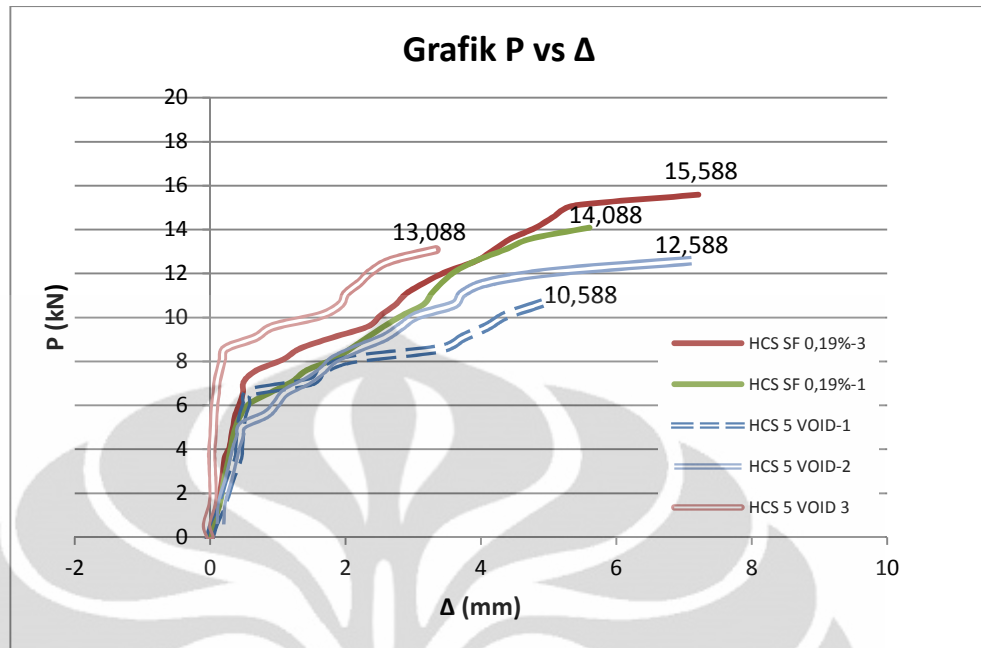
Gambar 4.34 Sketsa Pola Retak Benda Uji HCS Steel Fiber



Gambar 4.35 Sketsa Pola Retak Benda Uji HCS 5 Void

#### 4.3.2 Kapasitas P Maksimum

Berikut ini akan dibahas  $P$  maksimum dan momen maksimum yang dicapai pada benda-benda uji HCS dalam penelitian ini. Baik grafik beban-lendutan maupun momen-rotasi merupakan hasil rata-rata dari data-data sebelumnya. Untuk grafik beban-lendutan merupakan hasil rata-rata dari pengolahan data dial 3, 4, dan 5. Sedangkan untuk grafik momen rotasi merupakan hasil rata-rata dari pengolahan data dial 1 dan 7.

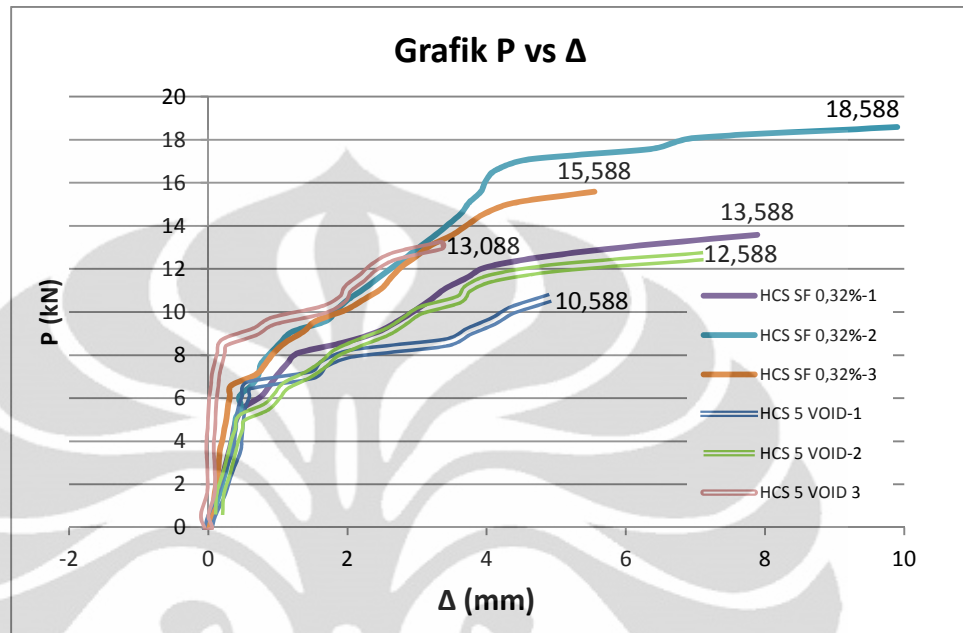


Gambar 4.36 Grafik P vs Δ - 5 Void dan SF 0,19%

Jika pada umumnya kita meninjau momen kurvatur, maka grafik beban-lendutan dan momen-rotasi juga menunjukkan perilaku yang sama. Seperti yang terlihat pada benda uji HCS SF 0,19%-3, hingga mencapai *first crack* pada beban 7,588 kN lendutan yang terjadi sangat kecil dengan rentang penambahan beban yang cukup meningkat. Area ini merupakan area *uncracked*, dimana tegangan meningkat secara linear tetapi regangan yang terjadi sangat kecil. Kemudian area kedua adalah area *service load*, dimana lendutan cukup meningkat signifikan bersama peningkatan beban. Pada area ini tegangan tarik yang terjadi sudah ditransfer pada baja tulangan. Akan tetapi dapat dilihat perbedaan benda uji dengan tambahan *steel fiber* dan beton tanpa campuran. Area *service load* dari benda uji dengan *steel fiber* lebih panjang dari beton biasa, ini dikarenakan serat baja di dalam beton masih mengikat, belum putus, dan ikut menahan tegangan tarik yang terjadi. Daktilitas pada area *service load* lebih meningkat dibandingkan beton tanpa campuran. Walaupun P maksimum yang dicapai beton polos dan beton *steel fiber* tidak terlalu jauh, tetapi daktilitas pada area *service load* cukup signifikan perbedaannya.

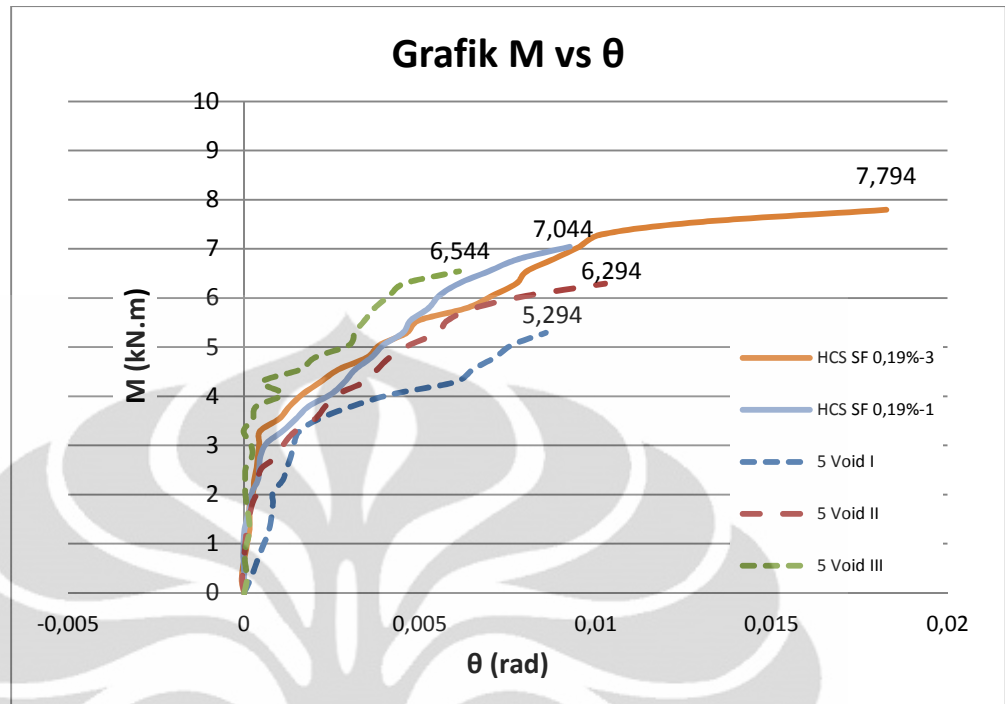
Area terakhir yang dicapai pada penelitian ini adalah saat baja tulangan leleh yang ditandai dengan garis yang lebih melandai hingga tercapainya P

maksimum. Secara keseluruhan P Maksimum yang dicapai benda uji HCS SF-0,19% lebih tinggi dibanding dengan HCS 5 Void.



Gambar 4.37 Grafik P vs Δ - 5 Void dan SF 0,32%

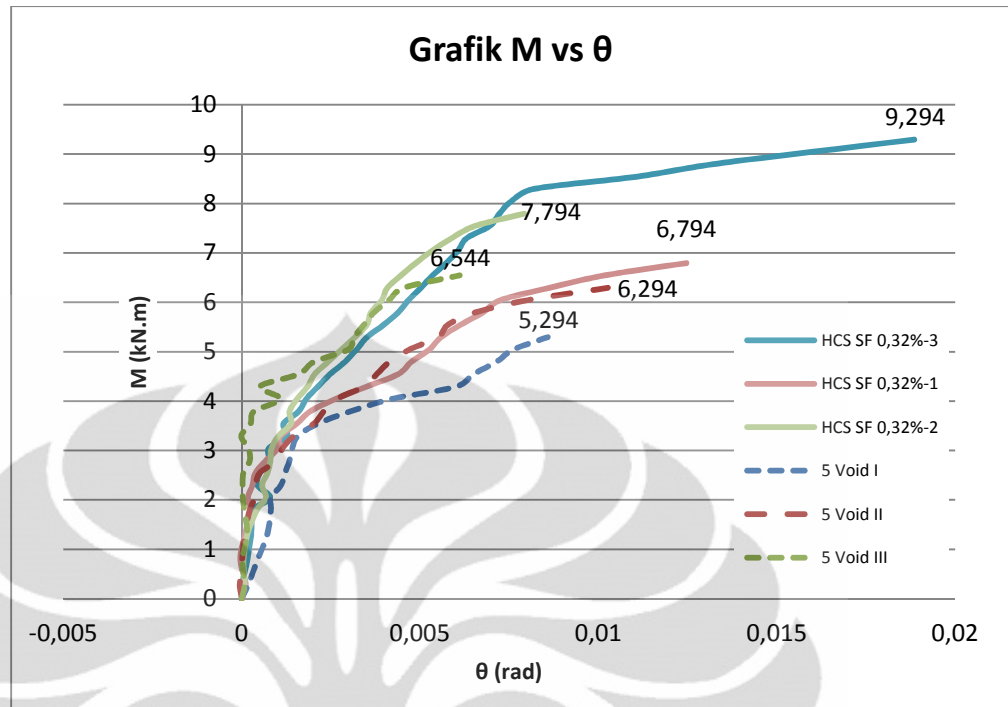
Untuk spesimen HCS 0,32% peningkatan beban maksimum yang dicapai cukup tinggi. Untuk spesimen dengan HCS SF 0,32%-3 mencapai beban maksimum 18,588 kN. HCS SF 0,32%-1 yang terendah dimungkinkan karena perbaikan *grouting* yang cukup luas dan posisi botol yang tidak sesuai rencana, sehingga terdapat area yang tidak terisi beton. Walaupun permukaan atas HCS SF 0,32% terjadi kecacatan akibat diinjak binatang, tetapi tidak menunjukkan penurunan P Maksimum yang besar. P maksimum yang dicapai masih lebih tinggi dari HCS 5 void dari pengecoran pertama. Ini terjadi karena pada selimut beton atas yang terjadi adalah tegangan tekan, tapi telah diketahui bahwa distribusi tegangan tekan pada penampang yang didesain untuk menahan lentur memiliki dimensi yang kecil, sehingga kerusakan pada permukaan atas beton tidak terlalu berpengaruh pada kapasitas maksimum pelat.



Gambar 4.38 Grafik M vs  $\theta$  - 5 Void dan SF 0,19%

Untuk grafik momen-rotasi juga menggambarkan perilaku yang sama pada pelat. Yaitu area *uncracked*, *service load*, dan baja tulangan mulai meleleh. Pada grafik perbandingan pelat HCS SF 0,32% dengan pelat 5 void, perubahan gradien garis paling terlihat pada benda uji HCS SF-0,32%. Area *uncracked* dengan putaran sudut yang masih sangat kecil terlihat pada area antara 0 kNm hingga 2,794 kN m dimana *first crack* terjadi. Lalu setelah *first crack* terjadi hingga baja tulangan mencapai tegangan leleh pada momen 8,294 kNm.

Secara keseluruhan momen maksimum yang dicapai benda uji dengan campuran *steel fiber* lebih tinggi dari benda uji dengan beton tanpa campuran. Kecuali benda uji HCS SF 0,32%-1 yang mendapatkan perbaikan pada sisi penampang yang cukup luas.



Gambar 4.39 Grafik M vs  $\theta$  - 5 Void dan SF 0,32%

Kapasitas lentur pelat dipengaruhi oleh luas tulangan ( $A_s$ ), kuat leleh baja ( $f_y$ ), tinggi efektif ( $d$ ) dan lebar penampang ( $b_w$ ). Pada penelitian ini dilakukan dua kali pengecoran dengan kuat tekan beton yang berbeda, maka kuat ultimate teoritis benda uji pada penelitian ini bervariasi menurut hasil uji material yang telah dilakukan.

Untuk menghitung kapasitas momen *ultimate* pelat digunakan persamaan:

$$M_n = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f'_c \cdot b} \right)$$

Akan tetapi dikarenakan perbedaan distribusi tegangan-regangan pada beton dengan serat maka tidak dilakukan perhitungan momen teoritis dengan persamaan di atas. Persamaan di atas didapat dari diagram *Whitney* (blok tekan beton dan blok tarik baja tulangan) dengan penyederhanaan dari diagram tegangan-regangan konvensional. Oleh karena itu analisa kekuatan hanya dengan membandingkan pelat HCS dengan tambahan *steel fiber* dan pelat HCS tanpa bahan tambahan.

Dari hasil pengecoran pertama dengan  $f_c'$  senilai 26,5 Mpa didapatkan peningkatan P Maksimum sebesar 21,57% untuk komposisi *steel fiber* 0,19% dan 25,89% untuk komposisi *steel fiber* 0,32%.

Tabel 4.10 Perbandingan P Maksimum Pengecoran I

Benda Uji	M Max	P Max	P Rata-rata	Persentase Peningkatan P Max
	(kN.m)	(kN)	(kN)	
5V1	5,294	10,588	11,588	-
5V2	6,294	12,588		
HCS SF 0,19%-1	7,044	14,088	14,088	21,57%
HCS SF 0,32%-1	6,794	13,588	14,588	25,89%
HCS SF 0,32%-2	7,794	15,588		

Kemudian untuk pengecoran tahap kedua dengan  $f_c'$  sebesar 34 Mpa didapatkan peningkatan P maksimum benda uji dengan komposisi *steel fiber* 0,19% sebesar 19,1% dibandingkan benda uji tanpa bahan tambahan untuk. Kemudian untuk benda uji dengan komposisi *steel fiber* 0,32% terjadi peningkatan sebesar 42,02 % dibanding beton tanpa tambahan.

Tabel 4.11 Perbandingan P Maksimum Pengecoran II

Benda Uji	M Max	P Max	Persentase Peningkatan P Max
	(kN.m)	(kN)	
5V3	6,544	13,088	-
HCS SF 0,19%-3	7,794	15,588	19,10%
HCS SF 0,32%-3	9,294	18,588	42,02%

Secara keseluruhan terjadi peningkatan kapasitas maksimum dari pelat. Perbedaan beban maksimum antara pengecoran pertama dan kedua dimungkinkan karena kualitas benda uji pada pengecoran kedua lebih baik daripada pengecoran pertama. Pada pengecoran kedua tidak ditemukan botol yang melayang atau bergeser jauh sehingga mengurangi selimut beton.



Untuk kapasitas geser untuk material beton dengan *steel fiber* tidak berbeda dengan menghitung kapasitas geser biasa, dengan persamaan:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b w d$$

Karena belum terdapat persamaan untuk menghitung kapasitas geser dari penampang HCS, maka persamaan di atas diubah menjadi:

$$V_c \text{ HCS} = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \left[ (b w d) - \left( n \frac{1}{4} \pi D^2 \right) \right]$$

Dengan  $n$  adalah jumlah void yang dibuat dan  $D$  adalah diameter botol.  $V_c$  ultimate dari penampang solid didapat sebesar 64,99 kN sedangkan untuk penampang HCS  $V_c$  Ultimate sebesar 43,4 kN. Sehingga dari penelitian ini tidak akan didapat seberapa besar peningkat kapasitas geser dari bahan tambahan karena  $V_c$  lebih besar dari  $P$  maksimum.

## BAB 5

### KESIMPULAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Dari pelaksanaan penelitian eksperimental ini didapat kesimpulan sebagai berikut:

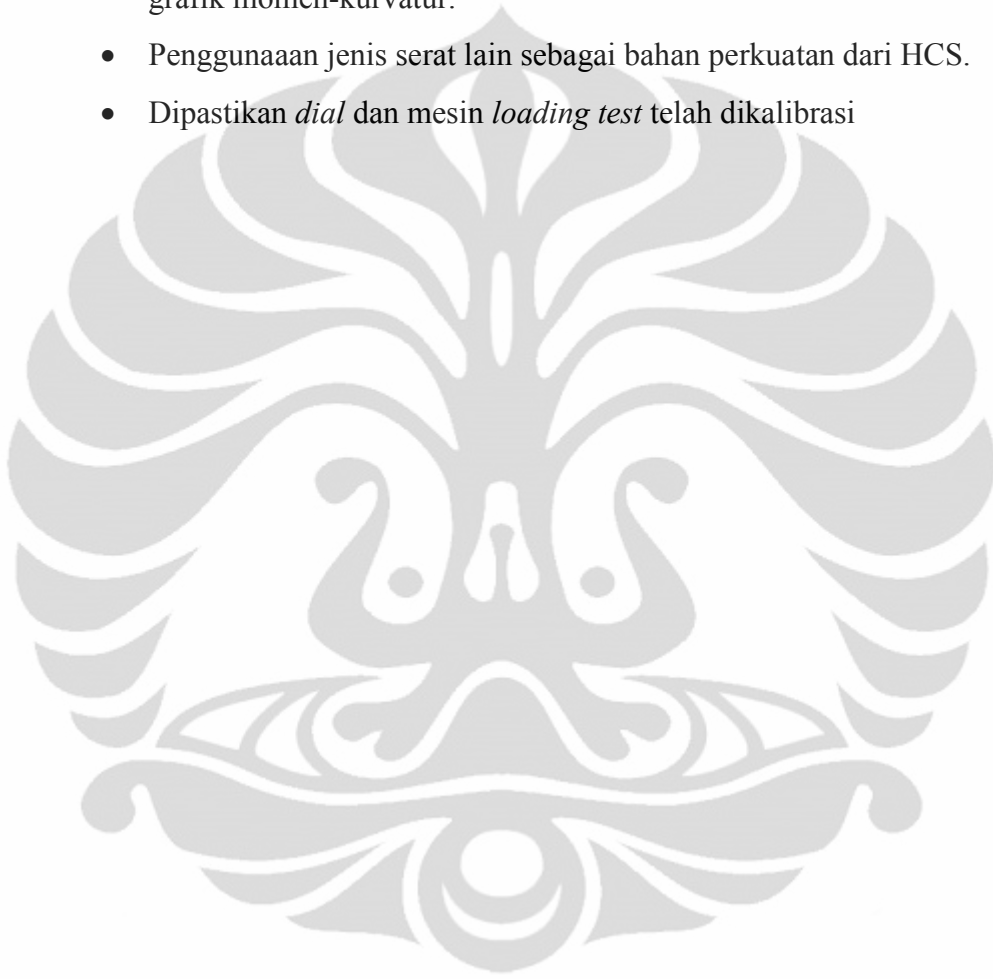
- Peningkatan kekuatan dari HCS dengan bahan tambah *steel fiber* cukup tinggi. Peningkatan untuk benda uji HCS dengan tambahan *steel fiber* 0,32% sebesar 26%-42% sedangkan untuk *steel fiber* 0,19% sebesar 19%-22%.
- Kegagalan yang terjadi pada semua sampel merupakan kegagalan lentur, dengan variasi pola retak dominan di area lentur murni dan terdapat beberapa di area geser-lentur
- Tidak terjadi kegagalan geser pada keseleruhan benda uji.
- Pelat Hollow-Core Slab dengan metode *cast insitu* dengan botol air mineral sebagai pembuat lubang dan bahan tambah *steel fiber*, *feasible* untuk dilaksanakan

#### 5.2 SARAN

Penelitian lanjutan dibutuhkan untuk melihat perilaku yang lebih mendetail dari HCS *cast insitu*. Terdapat beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut sebagai berikut:

- Pembuatan benda uji meliputi bekisting, perakitan botol PET dan tulangan perlu dilakukan secara lebih cermat agar kualitas benda uji terkontrol dengan baik. Hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi lagi beton keropos baik di dalam maupun di permukaan pelat.
- Perlu dilakukan pengujian *deep slab* dengan void agar perilaku geser dapat terlihat.

- Akan lebih baik jika jumlah benda uji ditingkatkan agar didapat data statistik yang terjamin.
- Penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan daktilitas struktur menyeluruh hingga pembebanan mencapai *failure* dan menggunakan *strain gauge* untuk mengukur regangan di tengah bentang sehingga menghasilkan grafik momen-kurvatur.
- Penggunaan jenis serat lain sebagai bahan perkuatan dari HCS.
- Dipastikan *dial* dan mesin *loading test* telah dikalibrasi



## **DAFTAR PUSTAKA**

- Hibbeler, R.C, *Mechanics of Materials*. New Jersey: Prentice Hall, 2005
- MacGregor, James G, *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. Singapore: Prentice Hall, 2005.
- Nawy, Edward. G., *Reinforced Concrete : A Fundamental Approach*. New Jersey: Prentice Hall, 2005
- Kwak, Yoon-Keun, Marc O. Eberhard, Woo-Suk Kim, and Jubum Kim, “*Shear Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete Beams without Stirrups*” *ACI Structural Journal*, July-August 2002
- Chanh, Nguyen Van “*Steel Fiber Reinforced Concrete*”  
*Cement & Concrete Basics: History and Manufacture of Portland Cement*.  
[http://www.cement.org/basics/concretebasics\\_history.asp](http://www.cement.org/basics/concretebasics_history.asp) (1 Januari 2011)
- ASTM C78 : Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*
- ASTM C496 : Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens*
- ASTM C39 : Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*
- Fibers as Structural Element for the Concrete Reinforcement of Concrete*  
*Maccaferri Technical Manual*
- Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (ACI 318R-05)*
- Cement & Concrete Basics: History and Manufacture of Portland Cement*.  
[http://www.cement.org/basics/concretebasics\\_history.asp](http://www.cement.org/basics/concretebasics_history.asp)
- Standar Nasional Indonesia No 15-2049-2004 : Semen Portland*
- MarylandMetrics: Technical Data Chart* <http://mdmetric.com/tech/pressurecvt.htm>

## PEMBACAAN DIAL BENDA UJI PELAT HCS SF 0,19%-1

No.	Kode Pengujian	Beban (KN)	Momen		Hasil Bacaan								
					1	2	3	4	5	6	7	8	9
			(kN.m)	(kN.m)	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	0	14	15	24	20	16	15	15	14	1,5
2	60	0,588	0,294	0,294	13,89	14,93	23,85	19,88	15,88	14,91	14,97	14,04	1,55
3	200	1,588	0,794	0,794	13,75	14,8	23,66	19,7	15,67	14,85	14,82	14,13	1,64
4	400	2,588	1,294	1,294	13,57	14,61	23,42	19,48	15,45	14,7	14,65	14,24	1,75
5	600	3,588	1,794	1,794	13,4	14,4	23,17	19,25	15,21	14,57	14,5	14,39	1,88
6	700	4,088	2,044	2,044	13,31	14,3	23,05	19,09	15,14	14,5	14,42	14,4	1,94
7	800	4,588	2,294	2,294	13,26	14,23	22,95	19,035	14,985	14,43	14,36	14,45	1,99
8	900	5,088	2,544	2,544	13,18	14,13	22,82	18,915	14,86	14,37	14,28	14,5	2,04
9	1000	5,588	2,794	2,794	13,11	14,06	22,67	18,79	14,72	14,31	14,22	14,56	2,09
10	1100	6,088	3,044	3,044	13,08	14	22,49	18,6	14,53	14,25	14,16	14,62	2,13
11	1200	6,588	3,294	3,294	13,07	13,95	22,11	18,21	14,14	14,15	14,12	14,69	2,19
12	1300	7,088	3,544	3,544	13,05	13,88	21,72	17,83	13,75	14,08	14,08	14,74	2,23
13	1400	7,588	3,794	3,794	13,04	13,81	21,42	17,57	13,48	14,01	14,05	14,79	2,28
14	1500	8,088	4,044	4,044	13,06	13,75	20,95	17,11	13	13,92	14,03	14,84	2,33
15	1600	8,588	4,294	4,294	13,05	13,67	20,61	16,78	12,66	13,86	13,99	14,89	2,4
16	1700	9,088	4,544	4,544	13,04	13,63	20,31	16,5	12,36	13,79	13,96	14,92	2,45
17	1800	9,588	4,794	4,794	13,03	13,56	19,98	16,19	12,02	13,7	13,92	14,97	2,5
18	1900	10,088	5,044	5,044	13,02	13,51	19,63	15,87	11,69	13,62	13,88	15,02	2,55
19	2000	10,588	5,294	5,294	13,01	13,43	19,21	15,49	11,275	13,52	13,84	15,07	2,62
20	2100	11,088	5,544	5,544	13,01	13,4	19,06	15,34	11,12	13,49	13,83	15,1	2,64
21	2200	11,588	5,794	5,794	12,99	13,31	18,81	15,11	10,87	13,4	13,79	15,14	2,68
22	2300	12,088	6,044	6,044	12,99	13,27	18,58	14,88	10,64	13,37	13,79	15,17	2,72
23	2400	12,588	6,294	6,294	12,99	13,2	18,18	14,49	10,25	13,28	13,76	15,22	2,77
24	2500	13,088	6,544	6,544	13,04	13,14	17,71	14,015	9,76	13,23	13,8	15,26	2,8
25	2600	13,588	6,794	6,794	13,1	13,08	17,27	13,57	9,3	13,17	13,82	15,3	2,83
26	2700	14,088	7,044	7,044	13,27	13,06	16,42	12,68	8,4	13,15	13,95	15,31	2,82

## PEMBACAAN DIAL BENDA UJI PELAT HCS SF 0,19%-3

No.	Kode Pengujian	Beban (kN)	Momen (kN.m)	Hasil Bacaan								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9
				bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	16,93	13	19	15	11	14	15	10	11
2	60	0,588	0,294	16,87	12,97	18,92	14,89	10,95	13,97	14,92	10,06	11,07
3	200	1,588	0,794	16,62	12,84	18,72	14,74	10,8	13,91	14,9	10,14	11,17
4	400	2,588	1,294	16,48	12,64	18,5	14,52	10,59	13,78	14,76	10,24	11,27
5	600	3,588	1,794	16,39	12,49	18,36	14,3	10,39	13,64	14,6	10,34	11,39
6	700	4,088	2,044	16,34	12,41	18,14	14,165	10,265	13,54	14,51	10,41	11,46
7	800	4,588	2,294	16,28	12,34	18,05	14,085	10,19	13,5	14,46	10,47	11,5
8	900	5,088	2,544	16,2	12,27	17,95	13,97	10,07	13,41	14,39	10,52	11,55
9	1000	5,588	2,794	16,14	12,18	17,84	13,875	9,97	13,36	14,31	10,58	11,61
10	1100	6,088	3,044	16,08	12,1	17,72	13,76	9,85	13,33	14,26	10,64	11,66
11	1200	6,588	3,294	16	12,04	17,61	13,65	9,73	13,26	14,21	10,7	11,72
12	1300	7,088	3,544	15,98	11,95	17,49	13,53	9,6	13,13	14,13	10,75	11,76
13	1400	7,588	3,794	15,97	11,88	17,28	13,31	9,32	13,09	14,09	10,8	11,81
14	1500	8,088	4,044	15,95	11,82	16,8	12,83	8,9	13,02	14,09	10,85	11,86
15	1600	8,588	4,294	15,97	11,76	16,45	12,50	8,6	12,93	14,06	10,9	11,9
16	1700	9,088	4,544	15,98	11,68	15,9	11,96	8,03	12,86	14,07	10,96	11,97
17	1800	9,588	4,794	16,01	11,6	15,38	11,32	7,39	12,79	14,08	11	12,02
18	1900	10,088	5,044	16	11,57	15,09	11,13	7,2	12,74	14,06	11,05	12,08
19	2000	10,588	5,294	16	11,52	14,8	10,85	6,9	12,66	14,05	11,09	12,12
20	2100	11,088	5,544	15,99	11,49	14,62	10,67	6,71	12,64	14,01	11,13	12,16
21	2200	11,588	5,794	16,08	11,43	14,28	10,31	6,34	12,53	13,99	11,19	12,21
22	2300	12,088	6,044	16,09	11,36	13,9	9,93	5,93	12,47	13,99	11,23	12,26
23	2400	12,588	6,294	16,1	11,31	13,41	9,43	5,43	12,42	13,97	11,26	12,31
24	2500	13,088	6,544	16,1	11,26	13,12	9,17	5,12	12,4	13,99	11,29	12,34
25	2600	13,588	6,794	16,1	11,22	12,8	8,85	4,84	12,33	13,97	11,34	12,4
26	2700	14,088	7,044	16,12	11,16	12,42	8,44	4,43	12,32	13,99	11,36	12,42
27	2800	14,588	7,294	16,15	11,11	12,08	8,16	4,14	12,3	14,01	11,4	12,49
28	2900	15,088	7,544	16,38	11,05	11,65	7,7	3,66	12,03	14,06	11,43	12,51
29	3000	15,588	7,794	17,02	11,01	9,8	5,9	1,75	12,05	14,6	11,5	12,56

## PEMBACAAN DIAL BENDA UJI PELAT HCS SF 0,32%-1

No.	Kode Pengujian	Beban (kN)	Momen		Hasil Bacaan								
					1	2	3	4	5	6	7	8	9
			(N.mm)	(kN.m)	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	0	25,05	20	17	20	16,5	18	16	11	11
2	60	0,588	294	0,294	25,01	19,93	16,905	19,875	16,4	17,93	15,92	11,06	11,06
3	200	1,588	794	0,794	24,94	19,88	16,68	19,68	16,21	17,8	15,76	11,15	11,13
4	400	2,588	1294	1,294	24,81	19,72	16,42	19,455	15,985	17,63	15,58	11,26	11,24
5	600	3,588	1794	1,794	24,64	19,53	16,14	19,19	15,73	17,45	15,4	11,4	11,36
6	700	4,088	2044	2,044	24,58	19,48	16,03	19,09	15,64	17,38	15,32	11,45	11,42
7	800	4,588	2294	2,294	24,53	19,42	15,94	19	15,55	17,31	15,27	11,49	11,46
8	900	5,088	2544	2,544	24,46	19,33	15,81	18,88	15,43	17,24	15,2	11,56	11,52
9	1000	5,588	2794	2,794	24,4	19,23	15,6	18,68	15,21	17,13	15,12	11,62	11,56
10	1100	6,088	3044	3,044	24,36	19,16	15,255	18,36	14,92	17,05	15,09	11,68	11,63
11	1200	6,588	3294	3,294	24,32	19,11	15,1	18,185	14,74	17	15,05	11,72	11,68
12	1300	7,088	3544	3,544	24,27	19,02	14,89	17,99	14,55	16,92	15,04	11,78	11,73
13	1400	7,588	3794	3,794	24,22	18,93	14,67	17,78	14,33	16,85	15,02	11,83	11,79
14	1500	8,088	4044	4,044	24,19	18,82	14,44	17,55	14,01	16,75	15,01	11,88	11,79
15	1600	8,588	4294	4,294	24,26	18,72	13,65	16,78	13,35	16,7	15	11,93	11,85
16	1700	9,088	4544	4,544	24,29	18,61	13,08	16,21	12,75	16,63	15	11,97	11,93
17	1800	9,588	4794	4,794	24,3	18,58	12,72	15,87	12,44	16,56	14,98	12,02	11,99
18	1900	10,088	5044	5,044	24,3	18,51	12,4	15,55	12,13	16,5	14,97	12,06	12,05
19	2000	10,588	5294	5,294	24,3	18,47	12,14	15,275	11,86	16,45	14,96	12,1	12,08
20	2100	11,088	5544	5,544	24,3	18,41	11,85	15,01	11,59	16,37	14,95	12,14	12,12
21	2200	11,588	5794	5,794	24,3	18,33	11,46	14,62	11,21	16,29	14,94	12,18	12,17
22	2300	12,088	6044	6,044	24,3	18,26	11,11	14,27	10,86	16,24	14,94	12,22	12,21
23	2400	12,588	6294	6,294	24,36	18,14	10,09	13,65	10,23	16,18	15,03	12,26	12,2
24	2500	13,088	6544	6,544	24,53	18,09	8,7	12	8,55	16,15	15,15	12,28	12,23
25	2600	13,588	6794	6,794	24,7	18,02	7	10,24	6,79	16,11	15,42	12,31	12,25

## PEMBACAAN DIAL BENDA UJI PELAT HCS SF 0,32%-2

No	Kode Pengujian	Beban (kN)	Momen		Hasil Bacaan								
					1	2	3	4	5	6	7	8	9
			(kN.m)	(kN.m)	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	0	10	14	20	20	19	9	17	19	12
2	60	0,588	0,294	0,294	9,96	13,95	19,93	19,88	18,86	8,95	16,92	19,05	12,04
3	200	1,588	0,794	0,794	9,84	13,81	19,79	19,75	18,73	8,89	16,82	19,13	12,05
4	400	2,588	1,294	1,294	9,69	13,63	19,615	19,54	18,5	8,75	16,63	19,23	12,24
5	600	3,588	1,794	1,794	9,56	13,46	19,4	19,34	18,29	8,56	16,47	19,36	12,35
6	700	4,088	2,044	2,044	9,49	13,39	19,275	19,21	18,16	8,45	16,38	19,42	12,42
7	800	4,588	2,294	2,294	9,42	13,31	19,19	19,12	18,075	8,41	16,32	19,46	12,46
8	900	5,088	2,544	2,544	9,35	13,24	19,08	19,01	17,95	8,31	16,24	19,52	12,52
9	1000	5,588	2,794	2,794	9,28	13,16	18,96	18,9	17,84	8,2	16,15	19,58	12,57
10	1100	6,088	3,044	3,044	9,2	13,07	18,84	18,775	17,71	8,1	16,05	19,64	12,63
11	1200	6,588	3,294	3,294	9,14	12,97	18,73	18,68	17,62	8,04	16,03	19,7	12,68
12	1300	7,088	3,544	3,544	9,12	12,93	18,33	18,27	17,23	7,98	16,01	19,74	12,72
13	1400	7,588	3,794	3,794	9,07	12,86	18,12	18,06	16,99	7,89	15,89	19,79	12,77
14	1500	8,088	4,044	4,044	9,04	12,79	17,92	17,86	16,78	7,79	15,82	19,85	12,82
15	1600	8,588	4,294	4,294	9	12,74	17,68	17,61	16,54	7,7	15,76	19,9	12,87
16	1700	9,088	4,544	4,544	8,97	12,66	17,35	17,27	16,2	7,62	15,72	19,94	12,93
17	1800	9,588	4,794	4,794	8,95	12,59	17,11	17,04	15,9	7,54	15,68	19,99	12,98
18	1900	10,088	5,044	5,044	8,94	12,54	16,65	16,55	15,43	7,48	15,66	20,03	13,02
19	2000	10,588	5,294	5,294	8,92	12,46	16,2	16,17	15,18	7,38	15,61	20,1	13,08
20	2100	11,088	5,544	5,544	8,92	12,45	15,98	15,915	14,84	7,35	15,6	20,12	13,1
21	2200	11,588	5,794	5,794	8,9	12,39	15,79	15,72	14,64	7,29	15,56	20,16	13,145
22	2300	12,088	6,044	6,044	8,88	12,36	15,6	15,52	14,44	7,23	15,53	20,18	13,19
23	2400	12,588	6,294	6,294	8,85	12,28	15,3	15,23	14,15	7,15	15,48	20,22	13,235
24	2500	13,088	6,544	6,544	8,84	12,23	15,03	14,97	13,88	7,08	15,45	20,25	13,28
25	2600	13,588	6,794	6,794	8,83	12,16	14,65	14,58	13,48	7	15,43	20,3	13,32
26	2700	14,088	7,044	7,044	8,84	12,11	14,36	14,29	13,2	6,94	15,42	20,33	13,35
27	2800	14,588	7,294	7,294	8,85	12,05	14,1	13,96	12,87	6,87	15,42	20,36	13,4
28	2900	15,088	7,544	7,544	8,89	12,01	13,58	13,5	12,41	6,83	15,47	20,4	13,41
29	3000	15,588	7,794	7,794	9,02	11,94	12,4	12,31	11,21	6,77	15,66	20,43	13,42



## PEMBACAAN DIAL BENDA UJI PELAT HCS SF 0,32%-3

No	Kode Pengujian	Beban (kN)	Momen		DIAL								
			(N.mm)	(kN.m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan	bacaan
1	0	0	0	0	16	15	14	17	15	11	17	16	11
2	60	0,588	294000	0,294	15,89	14,88	13,85	16,83	14,84	10,92	16,92	16,08	11,07
3	200	1,588	794000	0,794	15,75	14,79	13,65	16,65	14,63	10,82	16,83	16,18	11,13
4	400	2,588	1294000	1,294	15,55	14,62	13,4	16,41	14,365	10,65	16,71	16,31	11,23
5	600	3,588	1794000	1,794	15,39	14,48	13,18	16,18	14,13	10,48	16,56	16,43	11,34
6	700	4,088	2044000	2,044	15,3	14,37	13,06	16,05	14	10,39	16,49	16,49	11,44
7	800	4,588	2294000	2,294	15,26	14,34	12,985	15,98	13,93	10,36	16,43	16,54	11,49
8	900	5,088	2544000	2,544	15,16	14,21	12,88	15,875	13,82	10,3	16,39	16,58	11,545
9	1000	5,588	2794000	2,794	15,1	14,16	12,75	15,73	13,66	10,21	16,31	16,63	11,6
10	1100	6,088	3044000	3,044	15,02	13,95	12,62	15,62	13,54	10,13	16,24	16,68	11,65
11	1200	6,588	3294000	3,294	14,93	13,89	12,4	15,38	13,29	10,06	16,2	16,72	11,7
12	1300	7,088	3544000	3,544	14,9	13,79	12,2	15,21	13,1	9,99	16,14	16,78	11,75
13	1400	7,588	3794000	3,794	14,83	13,71	12,18	15,04	12,94	9,91	16,09	16,82	11,795
14	1500	8,088	4044000	4,044	14,81	13,64	12,02	14,81	12,7	9,83	16,05	16,86	11,84
15	1600	8,588	4294000	4,294	14,79	13,58	11,78	14,63	12,5	9,77	16,02	16,91	11,88
16	1700	9,088	4544000	4,544	14,76	13,52	11,6	14,4	12,2	9,7	15,99	16,95	11,94
17	1800	9,588	4794000	4,794	14,76	13,48	11,08	13,83	11,7	9,65	16,01	17,01	11,97
18	1900	10,088	5044000	5,044	14,73	13,41	10,8	13,65	11,52	9,58	15,98	17,05	12,04
19	2000	10,588	5294000	5,294	14,7	13,34	10,6	13,45	11,2	9,52	15,95	17,1	12,06
20	2100	11,088	5544000	5,544	14,7	13,29	10,35	13,09	10,95	9,45	15,95	17,12	12,11
21	2200	11,588	5794000	5,794	14,68	13,23	10,11	12,82	10,68	9,4	15,95	17,17	12,15
22	2300	12,088	6044000	6,044	14,66	13,18	9,85	12,57	10,43	9,36	15,94	17,21	12,2
23	2400	12,588	6294000	6,294	14,65	13,13	9,57	12,31	10,15	9,28	15,91	17,26	12,24
24	2500	13,088	6544000	6,544	14,64	13,09	9,29	12,08	9,93	9,23	15,9	17,3	12,29
25	2600	13,588	6794000	6,794	14,63	13,03	9,07	11,77	9,62	9,15	15,88	17,34	12,335
26	2700	14,088	7044000	7,044	14,62	13	8,75	11,59	9,44	9,1	15,86	17,38	12,39
27	2800	14,588	7294000	7,294	14,61	12,93	8,55	11,33	9,17	9,04	15,84	17,42	12,42
28	2900	15,088	7544000	7,544	14,6	12,9	8,28	11,2	9,05	8,95	15,84	17,45	12,46

29	<b>3000</b>	15,58 8	779400 0	7,794	14,6 3	12,8 7	7,95	11,03	8,94	8,91	15,8 3	17,4 9	12,51
30	<b>3100</b>	16,08 8	804400 0	8,044	14,6 4	12,8 2	7,68	10,98	8,9	8,86	15,8 2	17,5 3	12,54
31	<b>3200</b>	16,58 8	829400 0	8,294	15,0 1	12,7 7	7,4	10,9	8,63	8,78	15,8 3	17,5 5	12,57
32	<b>3300</b>	17,08 8	854400 0	8,544	15,2 2	12,7 8	6,95	10,3	8,16	8,71	16,0 3	17,5 9	12,6
33	<b>3400</b>	17,58 8	879400 0	8,794	15,5 2	12,7 8	5,35	8,35	6,27	8,66	16,2 9	17,6 2	12,61
34	<b>3500</b>	18,08 8	904400 0	9,044	15,9 9	12,7 8	4,8	7,7	5,55	8,6	16,6	17,6 5	12,63
35	<b>3600</b>	18,58 8	929400 0	9,294	16,0 5	12,7 8	1,75	4,9	2,69	8,58	16,8	17,6 9	12,65



## DATA PENGUJIAN KUAT TEKAN PENGECORAN I

Kode	Berat (kg)	Diameter		Diameter (cm)	P Max (kN)	Jenis Keruntuhan	fc' (MPa)	Mutu Beton
P6	11,869	15,000	15,000	15,00	50	C	27,76	334
P7	11,850	15,000	15,000	15,00	54,5	C	30,25	365
P8	12,041	15,000	15,000	15,00	41,5	C	23,04	278
P9	11,980	15,000	15,000	15,00	45	C	24,98	301
P10	11,815	15,000	15,000	15,00	45,5	C	25,26	304
S1	11,903	15,000	15,000	15,00	50,5	B	28,03	338
S2	11,956	15,000	15,000	15,00	41	C	22,76	274
S3	11,884	15,000	15,000	15,00	47,5	C	26,37	318
S4	11,976	15,000	15,000	15,00	54	C	29,98	361
25-6	12,003	15,000	15,000	15,00	49,5	C	27,48	331
25-7	12,057	15,000	15,000	15,00	52,5	C	29,14	351
25-8	12,179	15,000	15,000	15,00	51	C	28,31	341
25-9	12,003	15,000	15,000	15,00	49,5	C	27,48	331
25-10	12,162	15,000	15,000	15,00	50	C	27,76	334
15-6	12,191	15,000	15,000	15,00	54,5	B	30,25	365
15-7	11,839	15,000	15,000	15,00	52	C	28,87	348
15-8	11,977	15,000	15,000	15,00	45,5	C	25,26	304
15-9	11,937	15,000	15,000	15,00	52	C	28,87	348
15-10	12,033	15,000	15,000	15,00	45	C	24,98	301

Contoh Pengolahan data:

$$f'_c = \frac{P}{A} = \frac{P}{\frac{1}{4}\pi D^2} = \frac{50 \times 10^3 \text{ N}}{\frac{1}{4}\pi (150 \text{ mm})^2} = 27,76 \text{ N/mm}^2$$

## DATA PENGUJIAN KUAT TEKAN PENGECORAN II

Kode	Berat (kg)	Diameter		Diameter (cm)	P Max (kN)	Jenis Keruntuhan	fc' (MPa)	Mutu Beton
B-6	12,054	15,075	15,000	15,04	59,85	b	33,06	398
B-7	12,465	15,090	15,330	15,21	58,72	b	31,70	382
B-8	12,179	15,175	15,100	15,14	64,68	b	35,26	425
B-9	12,043	15,130	15,105	15,12	65,11	c	35,58	429
B-10	12,021	15,081	15,085	15,08	61,95	b	34,01	410
15-6	12,255	15,135	15,100	15,12	59,12	b	32,31	389
15-7	12,294	15,200	15,140	15,17	59,56	b	32,33	389
15-8	12,178	15,150	15,070	15,11	55,41	b	30,31	365
15-9	12,128	15,000	15,090	15,05	60	c	33,11	399
15-10	12,158	15,170	15,080	15,13	62,05	b	33,88	408
25-6	12,232	15,170	15,145	15,16	58,87	b	32,01	386
25-7	12,188	15,050	15,010	15,03	66,62	b	36,84	444
25-8	12,113	15,085	15,060	15,07	59,45	b	32,69	394
25-9	12,174	15,100	15,075	15,09	61,05	b	33,50	404
25-10	12,217	15,000	15,135	15,07	59,92	c	32,97	397

## DATA PENGUJIAN KUAT LENTUR PENGECORAN I

Nama	b (cm)	d (cm)	P Max (kN)	Kalibrasi	a (cm)	l(cm)	R (MPa)
B1	15	15	25	29	29	60	5,16
B2	15	15	30	34	26,5	60	6,04
B3	15	15	27	31	26	60	5,51
15-1	15	15	30	34	29	60	6,04
15-2	15	15	35	39	35	60	6,93
15-3	15	15	27	31	29	60	5,51
25-1	15	15	34	38	26,5	60	6,76
25-2	15	15	33	37	26	60	6,58
25-3	15	15	32	36	31,5	60	6,40

## DATA PENGUJIAN KUAT LENTUR PENGECORAN II

Nama	b (cm)	d (cm)	P Max (kN)	Kalibrasi	a (cm)	l(cm)	R (MPa)
B-1	15	15	36	40	21	60	4,80
B-2	15	15	30	34	26,5	60	6,04
B-3	15	15	37	41	26	60	7,29
15-1	15,14	15,23	35	39	33	60	6,66
15-2	15,005	15,09	33	37	32	60	6,50
15-3	15,245	15,01	33	37	26,5	60	6,46
25-1	15,22	15,175	40	44	32	60	7,53
25-2	15,14	15	32	36	25	60	6,34
25-3	15,23	15,17	40	44	33,5	60	7,53

Contoh Pengolahan data:

$$R = \frac{PL}{bd^2} = \frac{(35 \times 10^3 \text{ N})(600 \text{ mm})}{151,4 \times 152,3^2} = 6,66 \text{ N/mm}^2$$

## DATA PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH PENGECORAN I

Kode	Diameter			Tinggi		P max (kN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Keterangan
	1	2	3	1	2			
P1	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	25	3,50	
P2	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	24,5	3,43	
P3	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	17	2,38	
P4	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	20,5	2,87	
P5	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	21	2,94	
25-1	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	24	3,36	tidak pecah
25-2	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	20	2,80	tidak pecah
25-3	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	17,5	2,45	tidak pecah
25-4	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	24,5	3,43	tidak pecah
25-5	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	20	2,80	tidak pecah
15-1	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	23	3,22	tidak pecah
15-2	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	22	3,08	tidak pecah
15-3	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	16,5	2,31	tidak pecah
15-4	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	21,5	3,01	tidak pecah
15-5	15,000	15,000	15,000	30,000	29,500	22	3,08	tidak pecah

## DATA PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH PENGECORAN II

kode	Diameter (cm)			Tinggi (cm)		P max (kN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Keterangan
	1	2	3	1	2			
B-1	15,115	15,150	15,090	29,600	29,600	26,75	3,73	
B-2	14,960	15,035	14,970	29,800	29,900	25	3,49	
B-3	15,100	15,050	15,080	29,600	29,400	27,5	3,86	
B-4	14,995	15,105	15,000	29,400	29,400	27,5	3,89	
B-5	15,020	14,950	15,010	29,300	29,400	23,75	3,37	
15-1	15,06	15,1	15,145	29,8	29,8	17	2,36	miring (anomali)
15-2	15,13	14,95	15,14	29,9	29,7	26,75	3,72	tidak pecah
15-3	15,03	15,015	15,055	29,6	29,7	26,75	3,75	tidak pecah
15-4	15,04	15,05	15,025	29,4	29,4	25	3,53	tidak pecah
15-5	14,97	15,03	14,985	29,6	29,5	28,75	4,05	tidak pecah
25-1	15,155	15,17	14,945	29,7	29,8	27,5	3,83	tidak pecah
25-2	15,035	15,07	14,975	29,4	29,4	35	4,95	tidak pecah
25-3	15,105	15,08	15,12	29,7	29,7	26,75	3,72	tidak pecah

Contoh Pengolahan data:

$$T = \frac{2P}{\pi ld} = \frac{2(25 \times 10^3 \text{ N})}{\pi(298,5\text{mm})(149,88\text{mm})} = 3,49 \text{ N/mm}^2$$

Nama	Hasil Pengujian	Tegangan Geser (MPa)
B1	3,23	4,69
B2	3,06	4,45
B3	1,45	2,11
B4	3,17	4,61
B5	4,11	5,97
15-1	3,7	5,38
15-2	3,66	5,32
15-3	2,2	3,20
15-4	3,81	5,54
15-5	4,14	6,02
25-1	3,81	5,54
25-2	4,22	6,13
25-3	5,12	7,44
25-4	6,57	9,55
25-5	4,37	6,35

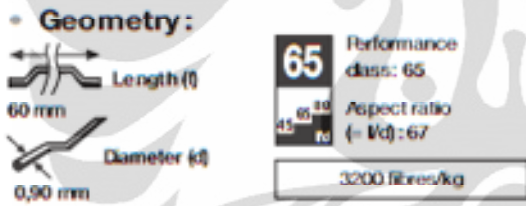
Nama	Hasil Pengujian	Tegangan Geser (MPa)
B-1	3,99	5,80
B-2	5,15	7,48
B-3	3,21	4,67
0,5-1	5,15	7,48
0,5-2	4,33	6,29
0,5-3	2,57	3,74
0,7-1	3,55	5,16
0,7-2	4,26	6,19
0,7-3	3,73	5,42
15-1	3,73	5,42
15-2	3,81	5,54
15-3	3,13	4,55
25-1	3,28	4,77
25-2	3,77	5,48
25-3	3,77	5,48

PRODUCT DATA SHEET AZTEC BUILDING PRODUCTS



**Description:** Dramix® fibres are filaments of wire, deformed and cut to lengths, for reinforcement of concrete, mortar and other composite materials. Dramix® RC-65/60-BN is a cold drawn wire fibre, with hooked ends, and glued in bundles.

- Applications:**
- slabs on vibrocompacted piles
  - liquid tight floors
  - industrial floors
  - overlays
  - piles
  - suspended ground slabs
  - composite slabs
  - segmental linings
  - cellar walls
  - pavements
  - jointless floors
  - jointless floors on vibrocompacted piles
  - outdoor slabs
  - foundation slabs



**Tensile strength:**

- on the wire: 1000 N/mm<sup>2</sup>
- low carbon conforms to EN 10016-2 - C90

**Coating:** None

**Approvals:**

Conforms to <b>ASTM A820</b> Product Belgium <b>ATG 04/1857</b>	Quality System in Belgian, Brazilian, Czech, Turkish and Chinese plants  Product Poland <b>AT-15-2117/2001</b>
The Netherlands  <b>22702</b>	Romania <b>007-01/068-2003</b>
Turkey <b>TS 10513</b>	Germany <b>Z-3.71-1745</b>
Czech Republic <b>C.070-021415</b>	Slovak Republic <b>1402A/02/0771/1/C/C04</b>

**Technical data:**  
 For industrial floors, floors on vibrocompacted piles, jointless floors... ask for specialized documentation.

**Recommendations - mixing**

**1. General**

- ✓ preferably use a central batching plant mixer
- ✓ recommended maximum dosage:

Max. aggregate size (mm)	Dosage (kg/m <sup>3</sup> )	
	pour	pump
8	110	80
16	70	55
32	60	45

- ✓ a continuous grading is preferred
- ✓ mix until all glued fibres are separated into individual fibres. Fibres don't increase mixing time significantly.
- if special cements or admixtures are used, a preliminary test is recommended

**2. Fibre addition**

Bags are non-degradable and may not be thrown into the concrete.



**2.1. In batching plant mixer**

- ✓ never add fibres as first component in the mixer
- ✓ fibres can be introduced together with sand and aggregates, or can be added in freshly mixed concrete

**2.2. Truckmixer**

- ✓ run mixer at drum speed: 12-18 rpm
- ✓ adjust slump to a min. of 12 cm (preferably with water reducing agents or high water reducing agents)
- ✓ add fibres with maximum speed of 60 kg/min
- ✓ optional equipment: belt-hoist elevator
- ✓ after adding the fibres, continue mixing at highest speed for 4-5 min. (= 70 rotations)

**2.3. Automatic dosing**

- ✓ Fibres can be dosed from bulk at rates from 0 up to 3,5 kg/sec with a specially developed dosing equipment

**Recommendations - storage**

Protect the pallets against rain	Do not stack the pallets on top of each other	Delivered in non water-soluble bags of 20 kg on pallet 1200 kg bag bag 1100 kg
----------------------------------	---	--

**Aztec Building Products**  
 Unit K1, M7 Business Park, Newhall, Naas, Co Kildare  
 Phone: +353 (0) 45 884 916 Fax: +353 (0) 45 884 917  
 Email: info@aztecbp.ie Web: www.aztecbp.ie  
Values are indicative only. Modifications reserved. All details describe our products in general form only. For ordering and design only use official specifications and documents N.V. Dequeit SA, 2002



**Dramix®**

**BEKAERT**

better together



# DATA SHEET



## What is Dramix®?

Dramix® steel fibres, from industry specialist Bekaert, have set a new standard for concrete reinforcement with their unique combination of flexibility and cost-efficiency.

Dramix® is a cold drawn steel wire fibre with hooked ends for optimum anchorage. What you get from Dramix® reinforced concrete is ductility and high load bearing capacity. On top of that, you'll find a quick and easy way to an efficient and cost-effective solution.

## RC-65/60-BN offers you:

- ✓ **Dramix® Easy Mix**  
Dramix® Easy Mix fibres are engineered in such a way to offer fast and perfect mixing, improved pumpability and optimized fibre distribution. Even complex forms and structures are possible.
- ✓ **Dramix® Hi Perform**  
Dramix® Hi Perform fibres provide high performance and crack resistance. These are products of choice to create optimal ductility. Dramix® Hi Perform is used for structural, designed applications, in situ, precast or sprayed.

### GEOMETRY AND PERFORMANCE



3.200 Fibres/kg      Minimum dosage: 15 kg per m<sup>2</sup> (according to CE)  
Minimum fibre network: 2,9 km per m<sup>2</sup> (for 15 kg/m<sup>2</sup>)

### MATERIAL PROPERTIES

Tensile strength (F<sub>m</sub> nom): 1.160 N/mm<sup>2</sup>  
Tolerances: ± 7,5% Avg  
Young's Modulus (E<sub>mod</sub>): ± 210.000 N/mm<sup>2</sup>

### PACKAGING



### STORAGE



### PRODUCT APPROVALS



CE      ASTM A820

• **CE LABEL:** Dramix® is certified for CE mark system 1: steel fibres for structural use. For detailed info: CE info sheet available on request.

### SYSTEM APPROVALS



• **ISO 9001:** All Dramix® plants are ISO 9001 certified. The same quality standards are applied.  
• **ISO 14001:** Some plants are already ISO 14001 certified. All plants will be ISO 14001 certified before end 2011.

Bekaert will advise on the most suitable fibre for your application.  
- For our recommendations on handling, dosing and mixing.  
- For composition and safe application and in the frame of Reach art.33.  
Please go to: [www.bekaert.com/dosingdramix](http://www.bekaert.com/dosingdramix)  
[infobuilding@bekaert.com](mailto:infobuilding@bekaert.com)

Modifications reserved.  
All details describe our products in general form only. For detailed information, product specifications available on request.

© 2010 Bekaert

design by akoma.be - 11.02.05 - 05.001.0

**HASIL UJI KUAT TARIK BELAH BETON**  
**TEST RESULT OF SPLITTING TENSILE OF CONCRETE**  
 (ASTM C.468M-04)

No. Surat :  
 Urut :  
 Nama Item :  
 Alamat :

No. Surat :  
 Urut :  
 Nama Item :  
 Alamat :

No	Tanggal		Umur (hari)	Kelas	Bentuk Sampel	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Beban Maksimum (kg)	Kuat Tarik (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
	Diker	Ditras								
1	05/02/2011	06/03/2011	28	0,30-1	Silinder	20,75	15	20000	33,6	T = 2 P / (π · d <sup>2</sup> )
2	06/02/2011	06/03/2011	28	0,30-2	Silinder	20,75	15	20000	28	
3	06/02/2011	06/03/2011	28	0,30-3	Silinder	20,75	15	17500	24,5	
4	06/02/2011	06/03/2011	28	0,30-4	Silinder	20,75	15	24500	34,3	
5	06/02/2011	06/03/2011	28	0,30-5	Silinder	20,75	15	20000	28	
6	06/02/2011	06/03/2011	28	0,30-6	Silinder	20,75	15	22000	32,2	
7	06/02/2011	06/03/2011	28	0,30-7	Silinder	20,75	15	22500	30,8	
8	06/02/2011	06/03/2011	28	0,30-8	Silinder	20,75	15	18500	28,1	
9	06/02/2011	06/03/2011	28	0,30-4	Silinder	20,75	15	23500	30,1	
10	06/02/2011	06/03/2011	28	0,30-5	Silinder	20,75	15	22000	30,8	
11	06/02/2011	06/03/2011	28	1	Silinder	20,75	15	22000	35	
12	06/02/2011	06/03/2011	28	2	Silinder	20,75	15	24500	34,3	
13	06/02/2011	06/03/2011	28	3	Silinder	20,75	15	17000	27,8	
14	06/02/2011	06/03/2011	28	4	Silinder	20,75	15	22000	28,7	
15	06/02/2011	06/03/2011	28	5	Silinder	20,75	15	21000	27,4	

Diperik  
 Dr. Ir. Ely Tiakhono, DEA

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**  
 Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik  
 Universitas Indonesia  
 Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4878 - 727 0025 (Ext.110/111) - 727 0026 (Fax)



**HASIL UJI KUAT TARIK BELAH BETON**  
**TEST RESULT OF SPLITTING TENSILE OF CONCRETE**  
**[ASTM C496M-06]**

No. Sampel :  
 Jenis :  
 Nama Bat : No/No/Cor/Dim/Usia/Komposisi/Aspek/Dim/Rebar/No/Operator/Al  
 Akuat :  
 Akuat :

No	Tanggal		Jenis (part)	Kode	Bentuk Sampel	Tinggi (t)	Diameter (d)	Beban Maksimum (F <sub>u</sub> )	Kuat Belah (F <sub>t</sub> )	Keterangan
	Dier	Duas								
1	13/03/2011	20/04/2011	20	8-1	Silinder	29,6	15,118	23750	37,3	T = 2 P / (A d)
2	13/03/2011	20/04/2011	20	8-2	Silinder	29,65	14,888	23500	34,9	
3	15/03/2011	20/04/2011	20	9-3	Silinder	29,5	15,077	23500	38,8	
4	15/03/2011	20/04/2011	20	9-4	Silinder	29,4	15,038	23500	38,9	
5	15/03/2011	20/04/2011	20	9-5	Silinder	29,35	14,998	23750	39,7	
6	15/03/2011	20/04/2011	20	10-1	Silinder	29,45	15,118	23500	21,9	
7	15/03/2011	20/04/2011	20	10-2	Silinder	29,95	15,070	18750	31,2	
8	15/03/2011	20/04/2011	20	10-3	Silinder	29,45	15,025	23500	37,5	
9	15/03/2011	20/04/2011	20	10-4	Silinder	29,6	15,028	25000	35,7	
10	15/03/2011	20/04/2011	20	10-5	Silinder	29,65	15,138	27500	42,5	
11	13/03/2011	20/04/2011	20	10-2-1	Silinder	29,7	15,077	26750	38,2	
12	13/03/2011	20/04/2011	20	10-2-2	Silinder	29,9	15,025	27500	42,5	
13	13/03/2011	20/04/2011	20	10-2-3	Silinder	29,55	15,112	26750	37,2	

Depok,  
 Kepala Laboratorium  
*[Signature]*  
**Dr. Ir. Ely Tahiana, DEA**



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**  
 Departemen Teknik Sipil - Fakultas Teknik  
 Universitas Indonesia  
 Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4370 - 727 0079 (Ext.130/111) - 727 0028 (Fax)

**HASIL UJI KUAT LENTUR BALOK BETON**  
**CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST**

No. Surat :  
 Jenis :  
 No. Uji :  
 Rujukan :  
 : / /  
 : / /

No	Tanggal	Dimensi (mm)	Posisi	Waktu Pematangan (hari)	Kelembaban (%)	Waktu Pengujian (jam)	Kelembaban (%)	Kelembaban (%)	W (kg)	Momen Ultim (W x L / 4, kg cm)	Tegangan Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	Energi (kg cm)
1	06/02/2011	25	11	135,525	45	15	15	2800,00	990,8	21000	86,60	
2	06/02/2011	25	22	135,505	45	15	15	2800,00	992,5	21000	85,32	
3	06/02/2011	25	33	135,425	45	15	15	2800,00	992,5	21000	81,30	
4	06/02/2011	25	44	135,422	45	15	15	2800,00	992,5	21000	85,32	
5	06/02/2011	25	55	135,422	45	15	15	2800,00	992,5	21000	82,06	
6	06/02/2011	25	66	135,422	45	15	15	2800,00	992,5	21000	81,30	
7	06/02/2011	25	77	135,422	45	15	15	2800,00	992,5	21000	82,06	
8	06/02/2011	25	88	135,422	45	15	15	2800,00	992,5	21000	85,32	
9	06/02/2011	25	99	135,422	45	15	15	2800,00	992,5	21000	85,32	

DETAIL GAMBAR :  
 Skala: 1:1  
 Spesifikasi: 1:1



Desain:  
 Kertas: 1:1  
 Dr. Ir. Eddy Trihono, DEA

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**  
 Departemen Teknik Sipil - Fakultas Teknik  
 Universitas Indonesia  
 Kampus Baru UI Depok, Telp. 781 4878 - 727 0029 (Ext. 210/111) - 727 0020 (Fax)



**HASIL UJI KUAT LEMBUR BALOK BETON**  
**CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST**

No. Surat :  
 Urutan :  
 Nama Uji :  
 A. R. Y. C. :

1. Metode Uji : Uji Coba Beban Momen-Pendukung tunggal dengan Momen Pendukung di M

No	Tanggal		Uraian Percobaan	Luas Gesa	Berkas Data Pengujian (No. 1)	Jarak Jarak	Dimensi		Beban Puncak (kg)	W (kg/cm <sup>2</sup> )	Momen Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	Keruntuhan
	Diker	Diker					Lebar	Tinggi					
1	13/05/2011	13/04/2011	36	81	172,825	45	12,300	15,000	4003,20	502,5	5038	48,101	
2	13/05/2011	13/04/2011	36	81	172,825	45	12,300	15,000	3653,30	380,5	3846	45,26	
3	13/05/2011	13/04/2011	36	81	172,825	45	12,300	15,000	3153,21	322,5	3270	34,627	
4	13/05/2011	13/04/2011	36	81	172,825	45	12,300	15,000	3653,30	380,5	3846	45,26	
5	13/05/2011	13/04/2011	36	81	172,825	45	12,300	15,000	3703,20	385,0	3900	45,739	
6	13/05/2011	13/04/2011	36	81	172,825	45	12,300	15,000	3703,20	385,0	3900	45,739	
7	13/05/2011	13/04/2011	36	81	172,825	45	12,300	15,000	4403,30	460,0	4650	48,683	
8	13/05/2011	13/04/2011	36	81	172,825	45	12,300	15,000	4403,30	460,0	4650	48,683	
9	13/05/2011	13/04/2011	36	81	172,825	45	12,300	15,000	4403,30	460,0	4650	48,683	

**DETAIL GAMBAR**

Diker oleh :  
 Dikerkes oleh :

Depok,  
 Departemen  
 Dr. Ir. Rily Tjebiono, DEA





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil - Fakultas Teknik  
Universitas Indonesia  
Campus Baru UI Depok, Telp. 787 4578 - 737 0025 (Ext.110,111) - 727 0028 (Fax)

No. Surat :  
Uraian :  
Penyedia :  
Aksi :  
:  
: HANSA One Side Cor andu Kip-Pemayang dipasang Boven Beton (Perencanaan) d

**HASIL UJI KUAT TEKAN BETON  
CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST**

No	Tanggal		Uraian	Kuat	Luas & Lebar Penampang	Dimp	Bert	Tebal	Tinggi	Kontingen
	Buat	Uji								
1	06/05/2011	06/25/2011	25	66	5 768	176,025	16	11,829	50,00	228,000
2	06/05/2011	06/25/2011	25	67	5 768	176,025	16	11,82	50,00	245,000
3	06/05/2011	06/25/2011	25	68	5 768	176,025	16	12,041	50,00	249,000
4	06/05/2011	06/25/2011	24	69	5 768	176,025	16	11,96	50,00	254,777
5	06/05/2011	06/25/2011	24	70	5 768	176,025	16	11,875	45,00	227,000
6	06/05/2011	06/25/2011	23	51	5 768	176,025	16	11,823	50,00	222,000
7	06/05/2011	06/25/2011	23	52	5 768	176,025	16	11,855	41,00	232,152
8	06/05/2011	06/25/2011	23	53	5 768	176,025	16	12,084	47,50	204,000
9	06/05/2011	06/25/2011	26	54	5 768	176,025	16	11,879	50,00	245,732
10	06/05/2011	06/25/2011	24	55	5 768	176,025	16	12,023	48,00	242,225
11	06/05/2011	06/25/2011	24	56	5 768	176,025	16	12,157	32,00	227,302
12	06/05/2011	06/25/2011	23	57	5 768	176,025	16	12,179	51,00	228,747
13	06/05/2011	06/25/2011	23	58	5 768	176,025	16	12,023	49,00	228,734
14	06/05/2011	06/25/2011	23	59	5 768	176,025	16	12,252	50,00	240,065
15	06/05/2011	06/25/2011	24	60	5 768	176,025	16	12,391	53,00	208,303
16	06/05/2011	06/25/2011	24	61	5 768	176,025	16	11,844	50,00	254,002
17	06/05/2011	06/25/2011	24	62	5 768	176,025	16	11,877	45,00	227,000
18	06/05/2011	06/25/2011	24	63	5 768	176,025	16	11,877	45,00	227,000
19	06/05/2011	06/25/2011	24	64	5 768	176,025	16	12,023	45,00	224,000

Dibuat oleh :  
Diperiksa oleh :

Dipak,  
Sebagai Laboratorium  
*Handy Dyan*  
Dr. Ir. Ely Tahiana, DEA

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil - Fakultas Teknik  
Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI Depok, Telp. 787-4876 - 727-0020 (Ext. 110, 111) - 727-0028 (Fax)



**HASIL Uji KUAT TEKAN BITON  
CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST**

No. Seri :  
Urauk :  
Fenologi :  
Material :

:  
: Macam Cor: Sbb Cor: Instrumen Pengukuran: Arap: Sbb: 50x50 (P: 50x50x50) U

No	Tinggi		Urauk (mm)	Jumlah	Berkas Uji Pengukuran	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban (kg)	Beban (kN)	Tinggi (mm)	Tinggi (kN/cm <sup>2</sup> )	Merkal
	Stem	Dim									
1	1503/2011	13054/2011	28	6-9	5 Bedar	177.529	55.85	503.86	21	23.264	553386
2	1503/2011	13054/2011	28	6-7	5 Bedar	181.625	58.72	497.489	21	28.462	497489
3	1503/2011	13054/2011	28	6-4	5 Bedar	175.879	64.64	498.577	21	32.176	498577
4	1503/2011	13054/2011	28	6-4	5 Bedar	175.459	65.41	385.835	21	32.205	385835
5	1503/2011	13054/2011	28	6-10	5 Bedar	176.985	61.92	246.824	21	34.371	246824
6	1503/2011	13054/2011	28	6-15-6	5 Bedar	176.985	55.12	382.827	21	32.326	382827
7	1503/2011	13054/2011	28	6-15-7	5 Bedar	180.023	60.28	527.889	21	32.294	527889
8	1503/2011	13054/2011	28	6-15-8	5 Bedar	175.122	66.71	263.164	21	32.176	263164
9	1503/2011	13054/2011	28	6-15-9	5 Bedar	177.888	60.06	237.034	21	32.188	237034
10	1503/2011	13054/2011	28	6-15-10	5 Bedar	176.983	62.62	247.232	21	32.588	247232
11	1503/2011	13054/2011	28	6-15-11	5 Bedar	181.354	60.07	331.314	21	33.342	331314
12	1503/2011	13054/2011	28	6-15-12	5 Bedar	177.323	56.02	315.919	21	33.488	315919
13	1503/2011	13054/2011	28	6-15-13	5 Bedar	173.207	59.48	385.884	21	34.12	385884
14	1503/2011	13054/2011	28	6-15-14	5 Bedar	174.928	61.05	267.022	21	32.174	267022
15	1503/2011	13054/2011	28	6-15-15	5 Bedar	174.218	59.46	336.317	21	32.217	336317

Diketahui :  
Diteliti oleh :  
: Deptok,  
: Departemen  
: Fakultas Teknik  
: Dr. Ir. Ely Ithiana, DEA