

SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG BULAT DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH Ø 4 - 50



Disusun Oleh :

**RULLY SETIAWAN DWI PUTRA
(07.21.015)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

0048

МАШИНА ЛЕЖАЩАЯ НА ПУТИ
ПРИЧЕМ ЛЕЖАЩАЯ НА ПУТИ
ЛЕЖАЩАЯ НА ПУТИ

(01.11.1912)

МАШИНА ЛЕЖАЩАЯ НА ПУТИ

МАШИНА ЛЕЖАЩАЯ

МАШИНА ЛЕЖАЩАЯ НА ПУТИ
МАШИНА ЛЕЖАЩАЯ НА ПУТИ

МАШИНА

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG
BULAT DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH Ø 4 – 50**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :
RULLY SETIAWAN DWI PUTRA
0721015**

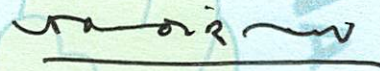
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



**(Yosimson P. Manaha, ST, MT)
NIP. P. 1030300383**

Dosen Pembimbing II



**(Ir. H. Sudirman Indra, MSc)
NIP.Y.1018300054**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**



**Ir. H. Hirijanto, MT
NIP. Y. 1018800182**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2013

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG
BULAT DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH Ø 4 – 50**

SKRIPSI

**Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang
Strata Satu (S-1)
Pada Hari : Sabtu
Tanggal : 09 Februari 2013
Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**


**Disusun Oleh :
RULLY SETIAWAN DWI PUTRA
0721015**

Disahkan Oleh :

Ketua

Sekretaris


Ir. H. Hirijanto, MT
NIP. Y. 1018800182


Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT
NIP. P. 10308004190

Anggota Penguji :

Penguji I

Penguji II


Ir. Togi H. Nainggolan, MS
NIP. Y. 1018300052


Ir. Eding Iskak Imananto, MT
NIP. 199605061993031004

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : RULLY SETIAWAN DWI PUTRA

NIM : 07.21.015

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul:

**STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON
BERTULANG BULAT DENGAN MENGGUNAKAN FINE
MESH Ø 4 – 50**

Adalah asli karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur hasil karya orang lain, kecuali yang disebut dari sumber asli dan tercantum dalam daftar pustaka.

Malang, Februari 2013

Yang membuat pernyataan



RULLY SETIAWAN DWI PUTRA

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Berkah dan Rahmat-Nya, sehingga Penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul :” **STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG BULAT DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH Ø 4 - 50**” yang merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil-S1 di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang.

Sehubungan dengan hal tersebut dalam kesempatan ini saya menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang sebesar-basarnya kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
3. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT selaku Ketua program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
4. Ibu Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1.
5. Bapak Ir. Togi H. Nainggolan, MS, selaku Koordinator Bidang Penelitian dan sebagai Dosen Penguji I
6. Bapak Ir. Eding Iskak Imananto, MT dan Bapak Ir. Togi H. Nainggolan, MS. sebagai Dosen Penguji

7. Bapak Yosimson P. Manaha, ST, MT dan Bapak Ir. H. Sudirman Indra, Msc sebagai Dosen Pembimbing Skripsi
8. Kedua orang tua, adik-adikku tercinta dan semua keluarga yang telah turut membantu memberikan dukungan biaya, doa dan semangat.
9. Rekan-rekan Teknik Sipil S-1 seangkatan yang telah turut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Dengan segala kerendahan hati saya menyadari bahwa dalam penyusunan laporan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan, akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Februari 2013

Penulis

STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG BULAT DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH Ø 4 - 50

Ir. H. Sudirman Indra, MSc¹, Yosimson P Manaha, ST, MT² dan Rully Setiawan Dwi P³

¹ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Telp 0341 – 561431 Ex. 230

² Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Telp 0341 – 561431 Ex. 230

³ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Telp 0341 – 561431 Ex. 230

ABSTRAK

Struktur bangunan gedung sering mengalami keruntuhan akibat gempa bumi selama ini banyak disebabkan perancangan kolom yang tidak memperhitungkan kebutuhan daktilitas atau pengeangan, pelaksanaan pengecoran kolom yang kurang baik sehingga terjadi penurunan mutu beton, pelaksanaan yang kurang memperhatikan *detailing* di lapangan, selain itu perencana masih mengabaikan konsep “*Strong Columns Weak Beams*”. Meretrofit kolom dengan cara penelitian menggunakan fine mesh adalah salah satu caranya. Tujuannya adalah meneliti efektifitas dan model kurva tulangan *senggang BJTP* yang dibungkus lapisan *fine mesh* sebagai pengeang (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkeang tulangan *senggang BJTP*.

Kekuatan kolom yang dilakukan adalah memprediksi melalui pendekatan analisis teoritis, yang dilanjutkan dengan uji eksperimental. Benda uji yang digunakan yaitu kolom bulat diameter 150 mm, dan tinggi kolom 600 mm. Pelaksanaannya dilakukan dengan uji tarik baja dan fine mesh Ø4-50, pengujian benda uji menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)* berkapasitas 200 ton.

Penelitian ini mendapatkan hasil yang telah dibandingkan dengan hasil teoritis sehingga diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan fine mesh dalam kolom tulangan *senggang* yang dibungkus atau di *retrofiting* lapisan *fine mesh* sebagai pengeang hasilnya efektif karena f'_{cc} , ϵ_{cc} , ϵ_{cu} nya kurang dari 15% bila digunakan sebagai bahan pengeang beton. Model trend kurva hasil teoritis dan eksperimen berbentuk relatif sama dengan model kurva usulan Mander, dkk

Kata kunci: daktilitas, *fine mesh*, pengeang, regangan – tegangan, *retrofit*,

DAFTAR ISI

	Hal
Halaman Judul	
Lembar Persetujuan Skripsi	i
Lembar Pengesahan Skripsi.....	ii
Lembar Keaslian Skripsi.....	iii
Kata Pengantar	iv
Abstrak.....	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	x
Daftar Grafik.....	xi
Daftar Notasi.....	xii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	3

BAB II. STUDI PUSTAKA

2.1. Beberapa Penelitian Terdahulu Mengenai Beton Terkekang	5
2.2. Pengekangan Pada Beton.....	10
2.2.1. Pengekang Beton Dengan Tulangan Transversal Konvensional	12
2.2.2. Pengekang Beton Dengan Fine Mesh	13
2.3. Persyaratan Tulangan Transversal	14
2.4. Kolom Pendek Dengan Beban Konsentrik.....	15
2.5. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan.....	16
2.6. Diagram Tegangan.....	17

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Studi Pustaka.....	19
-------------------------	----

3.2. Analisis Preliminary Penelitian	19
3.3. Parameter Penelitian	19
3.4. Model Analisis.....	20
3.5. Pengujian di Laboratorium	21
3.5.1. Spesifikasi Material	21
3.5.2. Benda Uji.....	21
3.5.3. Peralatan Pengujian Silinder dan Kolom.....	27
3.5.4. Tahap Pelaksanaan Eksperimen.....	28
3.6. Analitis Data.....	29
3.7. Laporan Yang Akan Dikerjakan.....	29
3.8. Bagan Alir Rencana Penelitian.....	31
3.9. Parameter Penelitian	32
3.10. Prediksi Analitis Kolom Bulat.....	32
3.10.1. Kolom Beton Polos (CCP).....	33
3.10.2. Kolom Beton Terkekang Fine Mesh (CCFM).....	36
3.10.3. Kolom Beton Terkekang Spiral (CCS).....	43
3.10.4. Kolom Beton Terkekang Spiral Yang Dibungkus Fine Mesh (CCFMS).....	48

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Laboratorium.....	58
4.1.1. Perancangan Campuran Beton	58
4.1.2. Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder.....	58
4.1.3. Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan Dan Fine Mesh	58
4.2. Hasil Pengujian Tekan Kolom.....	59
4.2.1. Kolom Beton Polos (CCP)	59
4.2.2. Kolom Beton Terkekang Fine Mesh (CCFM)	60
4.2.3. Kolom Beton Terkekang Tulangan Spiral (CCS)	64
4.2.4. Kolom Beton Terkekang Spiral Yang Dibungkus Fine Mesh (CCFMS(A)).....	68
4.2.5. Kolom Beton Terkekang Spiral Yang Diretrofitting Fine Mesh (CCFMS(B))	72

4.2.6. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton Gabungan 4 Kolom..	76
4.3. Hasil Hipotesa Hasil Analitis.....	79

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	81
5.2. Saran	82

DAFTAR PUSTAKA	83
----------------------	----

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	: Benda Uji	22
Tabel 3.2	: Tegangan Regangan Kolom Beton Polos (CCP) Menurut Hognested	34
Tabel 3.3	: Tegangan Regangan Kolom Beton Terkekang Fine Mesh (CCFM) Menurut Mander,dkk	40
Tabel 3.4	: Tegangan Regangan Kolom Beton Terkekang Tulangan Spiral BJTP (CCS) Menurut Mander,dkk	46
Tabel 3.5	: Tegangan Regangan Kolom Beton Terkekang Tulangan Spiral BJTP Yang Dibungkus Fine Mesh (CCFMS) Menurut Mander,dkk	53
Tabel 3.6	: Hasil Perhitungan Tegangan Regangan Teoritis.....	57
Tabel 4.1	: Pengujian Tarik Baja Tulangan Dan Fine Mesh.....	59
Tabel 4.2	: Hasil Perhitungan Tegangan Regangan Eksperimen.....	78
Tabel 4.3	: Validasi Hasil Analisa Teoritis Dan Eksperimen	79

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.5 : Kurva hubungan tegangan-regangan untuk pembebanan monotonik beton tak dikekang dan beton terkekang	16
Grafik 2.6 : Kurva hubungan tegangan-regangan baja tulangan.....	17
Grafik 3.3 : Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Analisa TeoritisvKolom CCP menurut Hognestad.....	36
Grafik 3.4 : Kurva Tegangan-Regangan Analisa Teoritis Kolom CCFM.....	42
Grafik 3.5 : Kurva Tegangan-Regangan Analisa Teoritis Kolom CCS	48
Grafik 3.6 : Kurva Tegangan-Regangan Analisa Teoritis Kolom CCFMS	55
Grafik 3.13: Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom Gabungan.....	54
Grafik 3.7 : Kurva Tegangan-Regangan Beton Analisa Teoritis Gabungan.....	56
Grafik 4.3 : Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton Terkekang Fine Mesh (CCFM)	62
Grafik 4.4 : Kurva Tegangan-Regangan Fine Mesh Layer 1 (CCFM)	64
Grafik 4.6 : Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton Tulangan Spiral (CCS)	66
Grafik 4.7 : Kurva Tegangan-Regangan Tulangan Spiral	68
Grafik 4.9 : Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton Terkekang Tulangan Yang Diberi Lapisan Fine Mesh (CCFMS)	70
Grafik 4.10: Kurva Tegangan-Regangan Fine Mesh Layer 1	72
Grafik 4.12: Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton Terkekang Tulangan Spiral Yang Diberi Lapisan Lapisan Fine Mesh (CCFMSB)	74
Grafik 4.13: Kurva Tegangan-Regangan Fine Mesh Layer 1	76
Grafik 4.14: Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton Analisa Data Eksperimen	77

DAFTAR NOTASI

BJTP = Baja Tulangan Polos

ρ_s = Rasio volumetrik tulangan spiral

f'_c = Kuat tekan beton rencana (MPa)

f_{yh} = Kuat leleh tulangan spiralBJTP (MPa)

f_y = Kuat leleh tulangan longitudinal BJTP (MPa)

A_g = Luas total penampang kolom (mm^2)

ε_c = Regangan beton

ε_y = Regangan baja tulangan

f'_{lx} = Tegangan kekang efektif arah x penampang (MPa)

f'_{ly} = Tegangan kekang efektif arah y penampang (MPa)

ρ_x = Rasio luas penampang efektif sengkang terhadap inti beton terkekang arah x

ρ_y = Rasio luas penampang efektif sengkang terhadap inti beton terkekang arah y

K_e = Koefisien efektifitas pengekangan, penampang kolom persegi, $K_e = 0,75$

f'_{cc} = Kuat tekan beton terkekang (MPa)

ε_{c0} = Regangan beton tidak terkekang pada saat tegangan maksimum

ε'_{cc} = Regangan beton terkekang pada saat tegangan maksimum

ε'_{cu} = Regangan beton ultimit

ε_{sm} = Regangan baja tulangan pada tegangan tarik maksimum

ε_{cm} = regangan beton terkekang maksimum

E_s = Modulus elastisitas baja tulangan(MPa)

E_c = Modulus elastisitas beton(MPa)

n = Perbandingan Modulus elastisitas baja terhadap modulus elastisitas beton

A_s = Luas total tulangan longitudinal (mm^2)

K = Rasio kuat tekan beton terkekang

H_c = Tinggi Tulangan yang terkekang

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Gempa bumi merupakan ancaman bagi umat manusia, gempa bumi bukan merupakan isu lokal, nasional, regional tapi merupakan isu dan *phenomena* global. Merupakan hal yang *impossible* untuk mencegah gempa bumi, tetapi bagaimana meringankan kehancuran, kehilangan nyawa, kehilangan harta benda dan penderitaan akibat gempa bumi. Oleh karena itu para ahli terus melakukan penelitian di bidang struktur tahan gempa, agar dapat menemukan solusi baru yang murah dan praktis untuk memperbaiki kinerja dengan cara meretrofit struktur gedung yang tak dirancang memikul beban gempa agar tidak mengalami keruntuhan getas (mendadak) selama terjadi gempa bumi.

Keruntuhan bangunan gedung yang terjadi akibat gempa bumi selama ini banyak disebabkan oleh beberapa factor, antara lain perancangan kolom yang tidak memperhitungkan kebutuhan daktilitas atau pengekanan, pelaksanaan pengecoran kolom yang kurang baik sehingga terjadi penurunan mutu beton, pelaksanaan yang kurang memperhatikan *detailing* di lapangan, selain itu perencana masih mengabaikan konsep “*Strong Columns Weak Beams*”. Perancangan struktur kolom beton bertulang tahan gempa sesuai dengan SNI 03-2847-2002 mensyaratkan pemakaian tulangan pengekanan untuk mencapai daktilitas yang disyaratkan. Pendetailan khusus dalam bentuk pengekanan diberikan terutama di daerah yang mempunyai potensi terjadinya sendi plastis, selain itu pada daerah yang mengalami tegangan atau gaya dalam yang dominan, seperti pada ujung-ujung kolom dan di daerah sambungan tulangan longitudinal, memerlukan pengekanan yang lebih ketat, untuk menjamin daktilitas yang cukup agar bangunan tidak mengalami kegagalan getas yang tidak diinginkan.

Pemakaian jaring halus (*fine mesh*), merupakan salah satu solusi yang lebih ekonomis untuk dipakai sebagai bahan *retrofit* kolom yang kurang daktil,

karena harga *fine mesh* yang relatif murah, mudah didapat dan mempunyai nilai praktis yang sangat tinggi. Selain itu *Fine mesh* sudah terfabrikasi dalam bentuk jaring, sehingga hal tersebut memberikan presisi yang lebih baik. Oleh karena itu penelitian mengenai efektifitas *fine mesh* sebagai tulangan pengekuat kolom beton maupun sebagai bahan *retrofit* kolom beton bangunan lama yang terletak pada wilayah gempa kuat perlu dilakukan.

1.2. Perumusan Masalah

Masalah penelitian yang telah diteliti adalah “*Bagaimana efektifitas fine mesh Ø 4 -50 bila digunakan sebagai bahan retrofitting kolom bulat dan kolom persegi beton bertulang*” dengan rincian permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana efektifitas tulangan spiral BJTP yang dibungkus lapisan *fine mesh* sebagai pengekuat (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekuat tulangan spiral BJTP.
2. Bagaimana efektifitas tulangan spiral BJTP yang di-*retrofit* lapisan *fine mesh* sebagai pengekuat (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekuat tulangan spiral BJTP.
3. Bagaimana model kurva hubungan tegangan-regangan kolom beton terkekuat tulangan spiral BJTP yang dibungkus lapisan *fine mesh* dan kolom beton terkekuat tulangan spiral BJTP yang *diretrofit* lapisan *fine mesh*.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah “*Bagaimana efektifitas fine mesh Ø 4 - 50 . bila digunakan sebagai bahan retrofitting kolom bulat dan kolom persegi beton bertulang*” dengan rincian sebagai berikut :

1. Mendapatkan efektifitas tulangan spiral BJTP yang dibungkus lapisan *fine mesh* sebagai pengekuat (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekuat tulangan spiral BJTP.

2. Mendapatkan efektifitas *tulangan spiral BJTP* yang di-*retrofit* lapisan *fine mesh* sebagai pengekang (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekang *tulangan spiral BJTP*.
3. Mendapatkan model kurva hubungan tegangan-regangan kolom beton terkekang *tulangan spiral BJTP* yang dibungkus lapisan *fine mesh* dan kolom beton terkekang *tulangan spiral BJTP* yang di-*retrofit* lapisan *fine mesh*.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemahaman perilaku struktur kolom beton bertulang terkekang, terutama kolom terkekang *fine mesh* dan kolom yang di-*retrofit fine mesh* dan dikenai beban aksial tekan konsentrik.

Secara khusus, manfaat utama dari hasil penelitian ini adalah :

1. Memberikan perumusan analisis yang cocok terhadap model kurva hubungan tegangan-regangan untuk kolom beton yang dikekang dengan *fine mesh* $\emptyset 4 - 50$, *tulangan spiral* yang dibungkus dan di-*retrofit fine mesh*.
2. Mendapatkan kurva diagram hubungan tegangan-regangan yang lebih sesuai bila dimanfaatkan untuk memprediksi kekuatan kolom beton yang dikekang dengan *fine mesh* dan *tulangan spiral* yang di-*retrofit fine mesh*.
3. Memberikan solusi perkuatan (*retrofit*) kolom beton bertulang bangunan lama yang belum direncanakan memikul beban gempa atau yang kurang daktail, terutama pada bangunan gedung yang terletak di wilayah gempa menengah dan gempa kuat. Sehingga diharapkan dengan penggunaan *fine mesh* sebagai bahan *retrofitting*, diharapkan dapat tercapainya konsep “*strong columns weak beams*”, tanpa harus membongkar bangunan tersebut.
4. Memberikan informasi kepada para praktisi atau perencana tentang pengekangan kolom beton bertulang menggunakan *fine mesh* pada

bangunan gedung yang akan dibangun, terutama pada bangunan gedung yang terletak di wilayah gempa menengah dan gempa kuat.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Beberapa Penelitian Terdahulu Mengenai Beton Terkekang

Penelitian awal untuk mengetahui perilaku atau karakteristik beton terkekang telah dilakukan oleh Richart dkk. pada *Normal Strength Concrete* (NSC) yang dikekang dengan tekanan hidrostatik dan tulangan spiral. Hasil risetnya yang terkenal yakni rumusan tegangan inti terkekang $f'_{cc} = f'_c + 4,1f_i$ (Blume, 1961). Selanjutnya riset tentang pengekangan terus berlanjut dilakukan oleh Chan (1955), Roy dan Sozen (1963), Slimon dan Yu (1967), Sargin (1971), Kent dan Park (1971), Vallenas, dkk. (1977) Dark, dkk. (1982), yang menghasilkan model-model pengekangan NSC. Riset-riset ini meneliti pengaruh ukuran, kekuatan, jumlah dan spasi tulangan transversal, tingkat pembebanan dan jumlah tulangan longitudinal.

Penelitian yang dilakukan sebelum tahun 1980 umumnya tidak memperlihatkan adanya pengaruh distribusi tulangan longitudinal dan konfigurasi tulangan transversal. Pengaruh ini terbukti signifikan mempengaruhi karakteristik pengekangan berdasarkan penelitian Sheikh dan Uzumeri (1980) pada kolom yang dibebani secara aksial tekan konsentrik. Selain itu, signifikan konfigurasi tulangan transversal juga dibuktikan oleh Scott, dkk. (1982) pada kolom yang dibebani aksial tekan konsentrik dan eksentrik secara monotonik, serta Ozcebe dan Saatcioglu (1987) untuk pembebanan secara siklik. Jika diamati pada rumusan model-model beton terkekang, maka model-model awal seperti yang diusulkan oleh Park, dkk. (1982) serta Fafitis dan Shah (1985) belum memasukkan konfigurasi tulangan transversal sebagai parameter yang menentukan di dalam pemodelannya. Pengaruh konfigurasi tulangan transversal pertama kali dikemukakan oleh Sheikh dan Uzumeri (1982) yang mengutarakan konsep “luas efektif inti terkekang (*effectively confined core area*)”. Selanjutnya

model ini dimodifikasi oleh Sheikh dan Yeh (1986, 1992) dengan memasukkan pengaruh tulangan longitudinal dan eksentrisitas beban aksila tekan pada benda uji kolom dibawah pembebanan tekan yang tinggi.

Model teoritis beton terkekang yang komprehensif menggunakan konsep “luas efektif inti terkekang” diusulkan oleh Mander, dkk. (1988) berdasarkan benda uji kolom persegi. Selanjutnya, Saatcioglu dan Razvi (1992) mengajukan konsep kekuatan dan deformasi (*strength and deformability*) yang dihasilkan oleh tekanan lateral tulangan pengekekang. Model ini didasarkan bukti bahwa tekanan lateral ekivalen yang berasal dari tulangan kekang berbeda-beda besarnya, tergantung konfigurasi tulangan pengekekangnya. Model ini diterapkan pada kolom penampang bulat dan persegi dengan pembebanan konsentrik maupun eksentrik.

Berdasarkan penelitian Yong, dkk. (1988) dan Razvi (1995). Saat ini model-model pengekekangan untuk *High Strength Concrete* (HSC) telah banyak diusulkan, umumnya merupakan modifikasi model-model NSC yang telah ada. Model-model tersebut seringkali memiliki keterbatasan, misalnya model Ahmad dan Shah (1982), Martinez, dkk. (1988), Fafitis dan Shah (1985) hanya sesuai untuk kolom bulat. Model Yong, dkk. (1988), Muguruma, dkk. (1993), Azizinamimi, dkk. (1994) serta Cusson dan Paultre (1995) hanya sesuai untuk kolom persegi. Akan tetapi model Maguruma (1993) dan Li, dkk. (2001) dapat diterapkan baik untuk NSC dan HSC serta tulangan transversal mutu tinggi. Berbeda dengan model Hong dan Han (2005) yang diturunkan berdasarkan pada kolom persegi HSC, model tersebut menunjukkan peningkatan tegangan leleh tulangan transversal tidak terlalu meningkatkan pengaruh pengekekangan pada inti beton. Manaha Y. P., (2007) membandingkan efektifitas fine mesh \varnothing 4 mm dengan tulangan spirial sebagai pengekekang kolom bulat, Manaha Y. P., (2009), membuat pengekekangan kolom bulat dengan fine mesh terhadap peningkatan daktilitas kolom di daerah gempa.

Salah satu alternatif yang murah, mudah didapat, praktis dan mudah dibentuk, sehingga penggunaan *fine mesh* pada NSC maupun HSC masih diperlukan sejumlah riset yang signifikan. Riset-riset terdahulu menunjukkan bahwa jika mutu beton ditingkatkan maka jumlah kebutuhan tulangan transversal

untuk pengekangan juga meningkat, sehingga tidak dapat dihindari saling berhimpitnya tulangan transversal tersebut. Riset penggunaan *fine mesh* untuk pengekangan belum banyak dilakukan sehingga belum dapat dibuat kesimpulan akhir bahwa *fine mesh* efektif untuk pengekangan.

Beberapa Penelitian terdahulu Mahasiswa Institut Teknologi Nasional Malang :

Menurut Laura Dian Tino (06.21.036)

Dalam skripsinya yang berjudul Efektifitas Fine Mesh Sebagai Confinement Dan Retrofitting Kolom Persegi Beton Bertulng Terhadap Kekuatan (f'_{cc}) Dan Regangan (ϵ'_{cc}) tahun 2011 menyimpulkan dan menyarankan yaitu:

Kesimpulan :

Hasil penelitian yang terbatas ini memberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Fine mesh cukup efektif untuk meningkatkan daktilitas beton bila digunakan sebagai tulangan pengekang pada kolom beton.
2. Kolom beton dengan pengekangan tulangan sengkang yang diberi lapisan fine mesh (RCFMH) mempunyai efektifitas pengekangan yang hampir sama bila dibandingkan dengan kolom beton yang dikekang tulangan sengkang (RCH) walaupun p_s nya sedikit berbeda yang mana kuat tekan (f'_{cc}) berbeda 7,42% regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) berbeda 16,64% dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda 6,58.
3. Model kurva tegangan regangan beton hasil analisa eksperimental dan analisa teoritis usulan Mander,dkk. relatif berbentuk hampir sama,bahkan semua sample menunjukkan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) hasil eksperimental pengekangan fine mesh memiliki nilai regangan yang lebih besar dari analisa teoritis,sehingga rumus hubungan tegangan regangan beton bertulang (f'_{cc} dan ϵ'_{cc}) yang diusulkan Mandel,dkk. aman digunakan pada kolom beton yang terkekang fine mesh.

Saran :

- ➡ Penambahan jumlah benda uji kolom dan dimensi benda uji perlu dipertimbangkan untuk memperkuat validitas hasil penelitian ini.
- ➡ Perlu satu set peralatan UTM yang komputerisasi, agar pembacaan beban dan displacement dapat dilakukan secara otomatis sehingga hasil penelitian lebih akurat.

Menurut M. Imam Dika Wahyouno (06.21.021)

Dalam skripsinya yang berjudul Efektifitas Fine Mesh Sebagai Confinement Dan Retrofitting Kolom Persegi Beton Bertulang Terhadap Kekuatan (f'_{cc}) Dan Regangan (ϵ'_{cc}) tahun 2011 menyimpulkan dan menyarankan yaitu:

Kesimpulan :

Hasil penelitian yang terbatas ini memberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Fine mesh cukup efektif untuk meningkatkan daktilitas beton bila digunakan sebagai tulangan pengekang pada kolom beton.
2. Kolom beton dengan pengekangan tulangan sengkang yang diberi lapisan fine mesh (RCFMH) mempunyai efektifitas pengekangan yang hampir sama bila dibandingkan dengan kolom beton yang dikekang tulangan sengkang (RCH) walaupun p_s nya sedikit berbeda yang mana kuat tekan (f'_{cc}) berbeda 14,3% regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) berbeda 17,2% dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda 17,9%
3. Model kurva tegangan regangan beton hasil analisa eksperimental dan analisa teoritis usulan Mander, dkk. relatif berbentuk hampir sama, bahkan semua sample menunjukkan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) hasil eksperimental pengekangan fine mesh memiliki nilai regangan yang lebih besar dari analisa teoritis, sehingga rumus hubungan tegangan regangan

beton bertulang (f'_{cc} dan ϵ'_{cc}) yang diusulkan Mandel,dkk. aman digunakan pada kolom beton yang terkekang fine mesh.

Saran :

- ➡ Penambahan jumlah benda uji kolom dan dimensi benda uji perlu dipertimbangkan untuk memperkuat validitas hasil penelitian ini.
- ➡ Menggunakan strain gauges tipe Post Yield Strain Gauges untuk mengukur regangan tulangan konvensional atas fine mesh, agar tidak langsung putus setelah tegangan mencapai tegangan leleh.
- ➡ Perlu penambahan alat load cell pada waktu pengujian, agar pada saat pembacaan beban dan displacement dapat dilakukan secara bersamaan.
- ➡ Perlu satu set peralatan UTM yang komputerisasi, agar pembacaan beban dan displacement dapat dilakukan secara otomatis sehingga hasil penelitian lebih akurat.

Menurut Muh. Ragusni (00.21.037)

Dalam skripsinya yang berjudul Efektifitas Fine Mesh Ø2-25 Sebagai Confinement Dan Retrofitting Kolom Persegi Beton Bertulang Terhadap Kekuatan (f'_{cc}) Dan Regangan (ϵ_{cc}) tahun 2011 menyimpulkan dan menyarankan yaitu:

Kesimpulan :

Hasil penelitian yang terbatas ini memberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Fine mesh cukup efektif untuk meningkatkan daktilitas beton bila digunakan sebagai tulangan pengekang pada kolom beton karena dari hasil penelitian didapat hasil perbedaan teoritis dan eksperimen tidak terlalu jauh.
2. Fine mesh Ø2-25 sebagai pengekang kolom bulat beton cukup efektif karena hasil perbandingan yang didapat, dapat dilihat dari rasio penulangan, dan memiliki f'_{cc} yang mendekati tulangan sengkang BJTP.

3. Kolom beton dengan pengekanan tulangan sengkang yang diberi lapisan fine mesh (CCFMS) mempunyai efektifitas pengekan yang hampir sama bila dibandingkan dengan kolom beton yang dikekang tulangan sengkang (CCS) walau p_s nya sedikit berbeda, yang mana kuat tekan (f'_{cc}) berbeda lebih kecil dari 5,32% regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) berbeda lebih kecil dari 0% dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda lebih kecil dari 3,32%.
4. Model kurva tegangan regangan beton hasil analisa eksperimental dan analisa teoritis usulan Mander, dkk. relatif berbentuk hampir sama, bahkan semua sample menunjukkan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) hasil eksperimental pengekan fine mesh memiliki nilai regangan yang lebih besar dari analisa teoritis, sehingga rumus hubungan tegangan regangan beton bertulang (f'_{cc} dan ϵ'_{cc}) yang diusulkan oleh Mander, dkk. aman digunakan pada kolom beton yang terkekang fine mesh.
5. Model kurva tegangan regangan hasil eksperimen mempunyai nilai regangan yang lebih besar sebelum terjadi keruntuhan kolom sehingga dapat disimpulkan bahwa eksperimen mempunyai daktilitas yang lebih baik.

Saran :

- ➡ Penambahan jumlah benda uji kolom dan dimensi benda uji perlu.
- ➡ Perlu satu set peralatan UTM yang komputerisasi, agar pembacaan beban dan displacement dapat dilakukan secara otomatis sehingga hasil penelitian lebih akurat.

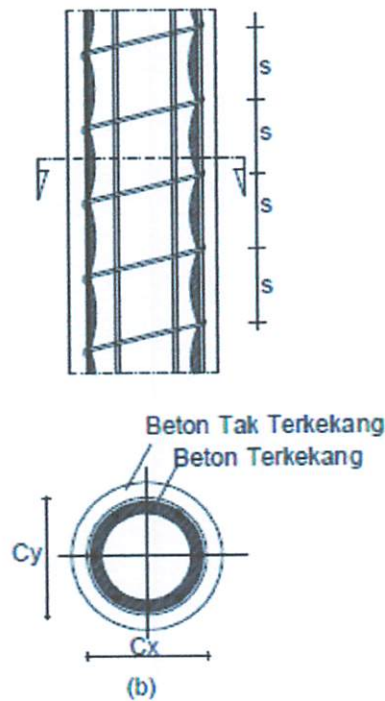
2.2. Pengekanan Pada Beton

Pengekanan pada beton perlu dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-2847-2002 agar elemen struktur baik balok maupun kolom tidak mengalami kegagalan akibat geser. Tulangan transversal sangat berperan dalam mengekan pengembangan lateral yang terjadi akibat beban tekan aksial, mengurangi bahaya pecah (*splitting*) beton, mencegah terjadinya keruntuhan geser pada kolom, dan

mencegah *premature buckling* tulangan longitudinal yang dapat mempengaruhi kekuatan dan daktilitas penampang kolom beton bertulang. Semakin tinggi beban aksial yang bekerja terhadap kolom, semakin banyak pula kebutuhan tulangan transversal yang diperlukan agar struktur kolom tersebut lebih kuat dan daktil.

Beton dapat dikekang dengan tulangan sengkang yang berbentuk sengkang tunggal biasa (*hoop*), sengkang pengikat silang (*cross ties*) atau sengkang tumpuk (*overlapping hoops*) dan sengkang bulat atau spiral. Lilitan sengkang bulat atau spiral memberikan tekanan tekan (*confined*) disekeliling penampang, karena ditahan oleh tulangan longitudinal pada keliling lingkaran. Sedangkan sengkang persegi hanya memberikan gaya kekang di daerah sudut karena ditahan oleh tulangan longitudinal pada sudut-sudut sengkang.

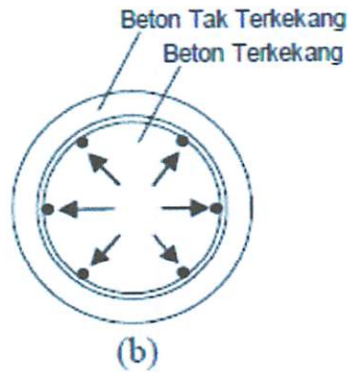
Kemampuan deformasi dari beton akan meningkat dengan adanya pengekangan, dan dapat mencapai regangan yang lebih tinggi pada puncak pembebanan. Besarnya regangan pada saat dicapainya tegangan puncak sangat tergantung pada efektifitas pengekangan yang dipasang. Pada penampang persegi daerah efektif terkekang tidak sebaik pada penampang bulat. Daerah efektif terkekang penampang persegi akan semakin meningkat apabila sudut bengkokan (*hook*) yang dipasang tulangan longitudinal semakin besar. Beton yang terkekang secara efektif dapat dinyatakan dalam daerah inti beton ketika tegangan kekang sepenuhnya terbentuk akibat busur (*arching action*), seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1



Gambar 2.1. Aksi busur pada beton terkekang Pengekangan dengan tulangan spiral

2.2.1. Pengekang Beton Dengan Tulangan Transversal Konvensional

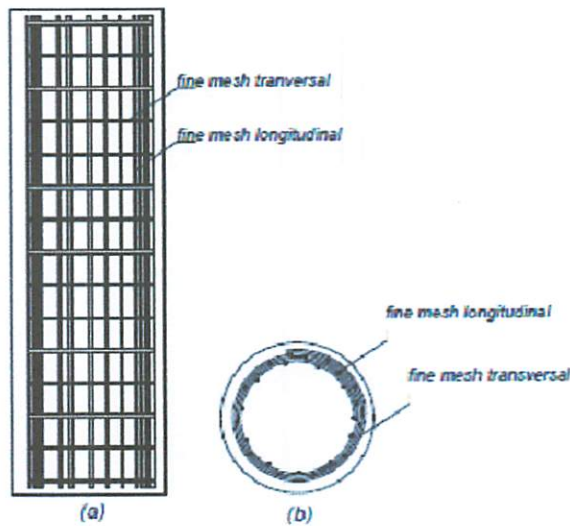
Pengekangan pada beton dapat berupa tulangan sengkang yang berbentuk persegi dan tulangan spiral yang berbentuk bulat. Tulangan sengkang atau spiral berfungsi untuk memikul gaya geser, mengekang beton agar mengurangi resiko pecahnya beton dan membuat lebih kaku sambungan tulangan memanjang. Sengkang persegi hanya memberikan gaya kekang di daerah sudut-sudut sengkang yang terpasang tulangan longitudinal, sedangkan lilitan spiral pada penampang bulat memberikan gaya kekang pada semua sisi spiral, seperti terlihat dalam Gambar 2.2 Penampang beton yang diberikan tulangan sengkang (tulangan transversal) dengan detailing yang benar akan meningkatkan kuat tekan dan daktilitas beton. (Park and Paulay, 1975) dalam bukunya yang berjudul Reinforced Concrete Structure hal 23.



Gambar 2.2 Kolom dengan tulangan longitudinal
Terkekang dengan tulangan spiral

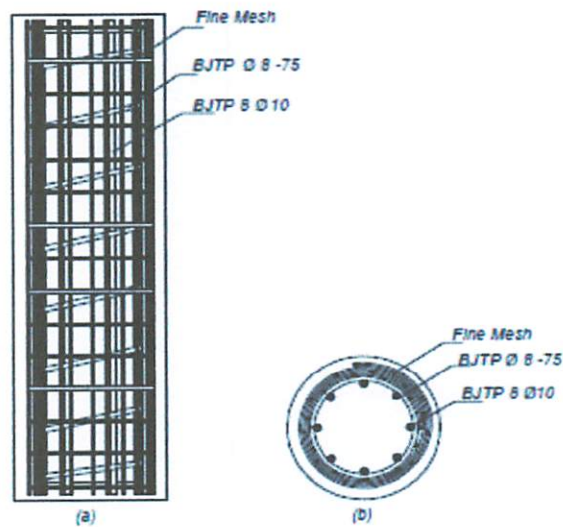
2.2.2. Pengekang Beton Dengan Fine Mesh

Pengekangan dengan *fine mesh* akan memberikan luasan daerah inti beton yang terkekang lebih banyak dan tekanan kekang yang akan lebih merata dibandingkan tulangan spiral, sehingga pengekangan inti beton akan menjadi lebih efektif seperti terlihat dalam Gambar 2.3a dan 2.3b. Tekanan kekang nominal (f_l) dari, tulangan spiral dan *fine mesh* dapat dikerahkan terhadap inti beton bila tegangan kekang dapat dikembangkan penuh.



Gambar 2.3. Pengekangan kolom bulat dengan fine mesh
(a) Tampak arah memanjang (b) Tampak arah melintang

Pengaruh konfigurasi grid pada sejumlah penelitian *fine mesh* belum menunjukkan kesimpulan yang seragam, bahwa semakin kecil jarak grid makin meningkatkan kekuatan dan daktilitas, sehingga masih dibutuhkan sejumlah penelitian untuk menentukan pengaruh konfigurasi grid ini. Jika *fine mesh* digunakan sebagai bahan untuk *retrofit* kolom pada bangunan yang sudah ada, maka *fine mesh* dapat pasang dengan cara melilitkan *fine mesh* pada tulangan konvensional yang sudah ada, seperti terlihat pada Gambar 2.4a dan 2.4b kolom bulat beton bertulang yang dililitkan *fine mesh*.



Gambar 2.4. Pengekangan dengan *tulangan spiral* yang dibungkus *fine mesh* (a) Tampak arah memanjang (b) Tampak arah Melintang

2.3.Persyaratan Tulangan Transversal

Pada perancangan struktur kolom beton bertulang tahan gempa menurut peraturan SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.4 dan ACI 318-2005 section 21.4.4.1, harus diberi detailing khusus (tulangan kekang transversal) agar dapat dicapai daktilitas yang disyaratkan, terutama di daerah yang berpotensi/yang dirancang sebagai sendi plastis, di mana luas total penampang sengkang tertutup persegi

berupa sengkang tunggal (*single ties*) atau sengkang tumpang (*overlapping hoops*) dengan atau tanpa tulangan pengikat silang (*cross ties*) yang disyaratkan tidak boleh kurang daripada yang ditentukan pada dua persamaan di bawah ini :

Untuk Penampang Bulat.

Rasio tulangan spiral harus tidak boleh kurang dari:

$$\rho_s = 0.12 \frac{f'_c}{f_{yh}} \geq 0.45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yh}}, \dots\dots\dots (2.1)$$

untuk wilayah Gempa kuat SNI 03-2847-2002 Pasal 23.4(4(1))

$$\rho_s \geq 0.45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yh}}, \dots\dots\dots (2.2)$$

2.4. Kolom Pendek dengan Beban Konsentrik

Keruntuhan kolom dapat terjadi apabila tulangan bajanya leleh duluan karena tarik, atau terjadinya kehancuran pada beton yang tertekan. Apabila kolom runtuh karena kegagalan meterialnya (yaitu lelehnya baja atau hancurnya beton), kolom ini diklasifikasikan sebagai kolom pendek (*short column*). Mengenai batasan kolom langsing untuk *non sway mechanism* diberikan dalam ACI 318-05 yang menyatakan bahwa faktor kelangsingan kolom dapat diabaikan jika memenuhi syarat :

$$\frac{k \cdot \lambda_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

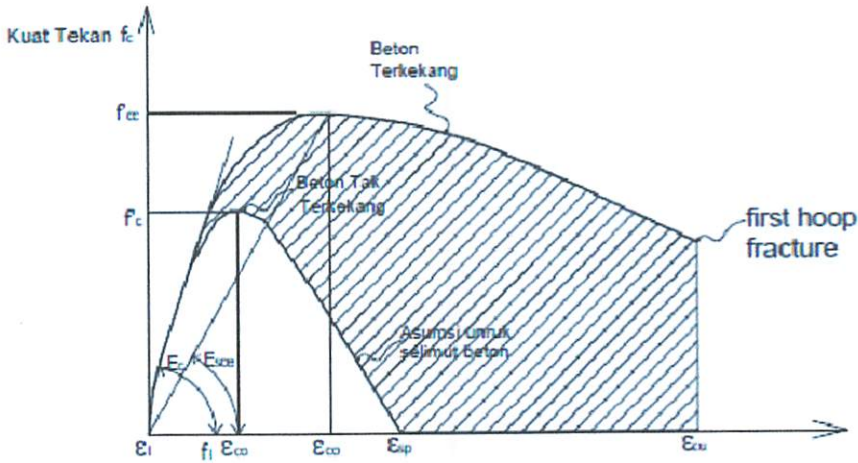
Kapasitas beban sentris maksimum pada kolom dapat diperoleh dengan menambahkan kontribusi beton, yaitu $(A_g - A_{st}) \cdot f'_c$ dan kontribusi baja, $A_{st} \cdot f_y$. yang digunakan dalam perhitungan disini adalah f'_c , dengan demikian kapasitas beban centris maks adalah P_o yang dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_o = f'_c(A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\phi P_{n(max)} = 0,8\phi \cdot [f'_c(A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y] \dots\dots\dots(2.7)$$

2.5. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan

Mander, Priestley dan Park (1988) dalam jurnalnya yang berjudul Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete hal 1807 memberikan gambaran hubungan tegangan-regangan tekan pada beton terkekang, kekuatan tekan dan regangan beton akan meningkat akibat adanya pengekangan, seperti terlihat dalam Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Kurva hubungan tegangan-regangan untuk pembebanan monotonik beton tak dikekang dan beton terkekang

Untuk penampang beton terkekang :

$$f'_{lx} = K_e \cdot \rho_x \cdot f_{yh} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$f'_{ly} = K_e \cdot \rho_y \cdot f_{yh} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$K = 1 + 2,05 \rho_s \left(\frac{f_{yh}}{f_c} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

$$f'_c = \frac{f_{cc} \times x \times r}{r - 1 + x^r} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{scc}} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$E_{scc} = \frac{f'_{cc}}{\epsilon_{cc}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Regangan tekan puncak beton terkekang

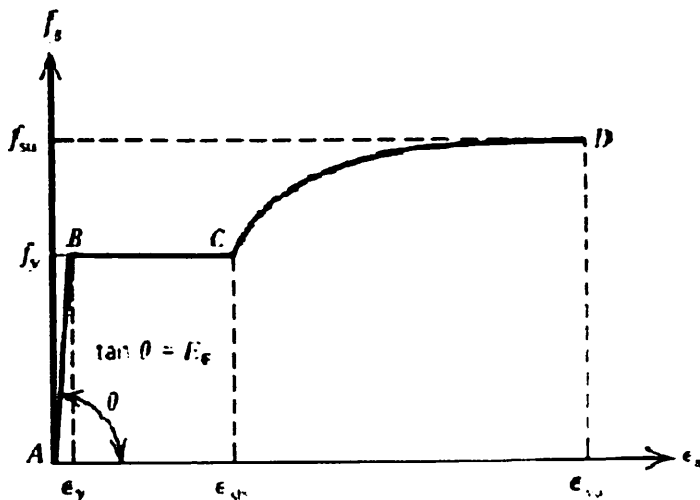
$$\epsilon'_{cc} = 0,002 [1 + 5(f'_{cc} / f'_c - 1)] \dots\dots\dots (2.15)$$

Regangan ultimit beton terkekang adalah

$$\epsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \cdot \rho_s \cdot f_{yh} \cdot \frac{\epsilon_{sm}}{f'_{cc}} \dots\dots\dots (2.16)$$

2.6. Diagram Tegangan

Park and Paulay 1975 dalam bukunya yang berjudul Reinforced Concrete Structures hal 41, memberikan bentuk diagram hubungan tegangan dan regangan baja tulangan pada saat menerima gaya tarik atau gaya tekan seperti terlihat dalam Gambar 2.6 di bawah ini :



Gambar 2.6 Kurva hubungan tegangan-regangan baja tulangan

Pada kurva tersebut dapat dilihat karakteristik-karakteristik sebagai berikut :

Daerah AB : $\varepsilon_s \leq \varepsilon_y$

$$f_s = \varepsilon_s \cdot E_s \dots\dots\dots (2.17)$$

Daerah BC : $\varepsilon_y \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}$

$$f_s = f_y \dots\dots\dots (2.18)$$

Daerah CD : $\varepsilon_{sh} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}$

$$f_s = f_y \left[\frac{m(\varepsilon_s - \varepsilon_{sh}) + 2}{60(\varepsilon_s - \varepsilon_{sh}) + 2} + \frac{(\varepsilon_s - \varepsilon_{sh})(60 - m)}{2(30.r + 1)^2} \right] \dots\dots\dots (2.19)$$

$$m = \frac{\left(\frac{f_{su}}{f_y} \right) (30r + 1)^2 - 60.r - 1}{15.r^2} \dots\dots\dots (2.20)$$

di mana :

$$r = \varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh} \dots\dots\dots (2.21)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Studi Pustaka

Studi pustaka yang dilakukan yaitu dengan mendalami materi yang tercantum di Bab II dan kepustakaan yang meliputi berbagai buku teks, jurnal, peraturan, tata cara dan Standar Nasional maupun Internasional.

3.2. Analisis Preliminary Penelitian

Pemilihan spesimen didasarkan pada kondisi dan kapasitas alat pengujian kolom yang ada di Laboratorium Beton jurusan Teknik Sipil ITN Malang dan ITS Surabaya. Sesuai dengan kondisi alat tersebut, diperoleh tinggi maksimum specimen yang dapat diletakkan pada alat *Universal Testing Machine (UTM)* adalah 90 cm, sehingga tinggi spesimen yang dibuat pada penelitian ini adalah 60 cm. Kapasitas beban maksimum alat *UTM* adalah 200 ton. Berdasarkan kapasitas alat tersebut, dengan melakukan *trial and error* akhirnya diperoleh diameter specimen, kuat tekan beton, diameter tulangan BJTP atau tulangan konvensional, diameter dan grid *fine mesh* serta jumlah *layer fine mesh*.

3.3. Parameter Penelitian

Parameter perancangan yang telah dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Kolom pendek dengan penampang berbentuk bulat dengan diameter $\emptyset = 150$ mm.
- b. Tinggi kolom $h = 600$ mm
- c. Selimut beton kolom = 15 mm.
- d. Mutu beton $f'c = 17,967$ MPa.
- e. Tegangan leleh baja tulangan polos $fy = 223,12$ MPa

- f. Baja tulangan polos $\emptyset = 7,2$ mm, $\emptyset = 5,6$ mm dan $\emptyset = 4,7$ mm
- g. Diameter *fine mesh* adalah $\emptyset = 4$ mm dengan ukuran 50 x 50 mm.
- h. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai pada kolom beton terkekang *fine mesh (CCFM)* diperhitungkan berdasarkan *Ash* terpasang tulangan *spiral BJTP* untuk kolom yang memikul beban gravitasi.
- i. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai pada kolom beton terkekang *fine mesh (CCFM)* diperhitungkan berdasarkan *Ash* terpasang tulangan *spiral BJTP* untuk kolom yang memikul beban gempa kuat.
- j. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai untuk membungkus kolom beton terkekang *tulangan spiral BJTP* yang memikul beban gravitasi diperhitungkan berdasarkan selisih antara *Ash* tulangan *spiral BJTP* gempa kuat terhadap *Ash* terpasang tulangan *spiral BJTP* yang memikul beban gravitasi .

3.4. Model Analisis

Model Analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Analisis efektifitas kolom beton yang terkekang *tulangan spiral/sengkan Gravity* yang dibungkus lapisan *fine mesh (CCFMS)* secara teoritis terhadap kuat tekan dan regangan beton.
- b. Analisis efektifitas kolom beton yang terkekang *tulangan spiral/sengkan gravity* yang di-*retrofit* lapisan *fine mesh (CCFMSC)* secara teoritis terhadap kuat tekan dan regangan beton.
- c. Analisis data eksperimen peningkatan kuat tekan beton (f'_{cc}) kolom CCFMS.
- d. Analisis data eksperimen peningkatan kuat tekan beton (f'_{cc}) kolom CCFMSC.
- e. Analisis data eksperimen hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom CCFMS.
- f. Analisis data eksperimen hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom CCFMSC.

- g. Pembuatan kurva hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom CCFMS.
- h. Pembuatan kurva hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom CCFMSC.

3.5. Pengujian di Laboratorium

3.5.1. Spesifikasi Material

Tulangan longitudinal yang akan digunakan adalah baja tulangan polos (BJTP) $\varnothing = 7,2$ mm, 5,6 mm dan tulangan transversal menggunakan baja tulangan polos $\varnothing = 4,7$ mm. Kuat leleh baja tulangan polos akan dites dengan melakukan uji tarik untuk mendapatkan f_y . Jaring kawat menggunakan *fine mesh* diameter $\varnothing = 4$ mm grid = 50 x 50 mm. Kuat leleh *fine mesh* akan dilakukan uji tarik untuk mendapatkan f_y . Kuat tekan beton akan diperoleh dengan melakukan pengujian silinder beton berukuran 150 x 300 mm yang telah berumur 28 hari.

3.5.2. Benda Uji

Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian benda uji silinder beton berukuran 150 x 300 mm, berumur 28 hari dan jumlah benda uji silinder beton sebanyak 18 buah. Selanjutnya dilakukan pengujian tekan kolom seperti pada tabel 3.1. di bawah ini.



Tabel 3.1 Benda Uji

Kode Benda Uji	Penampang Kolom	Jenis Tulangan		Keterangan
		Konvensional	Fine mesh (FM)	
CCP	D = 150 mm			Sampel 1
CCL	D = 150 mm	Longitudinal $\varnothing = 7,2\text{mm}$ dan		Sampel 2
CCS	D = 150 mm	Longitudinal $\varnothing = 7,2\text{mm}$ dan Transversal $\varnothing = 4,7\text{mm}$ Jarak $s = 50$ mm		Sampel 3
CCFMS1	D = 150 mm	Longitudinal $\varnothing = 5,6\text{mm}$ dan Transversal $\varnothing = 4,7\text{mm}$ Jarak $s = 200$ mm	FM $\varnothing 4 - 50$ mm (dicor gabung)	Sampel 4
CCFM	D = 150 mm		FM $\varnothing 4 - 50$ mm	Sampel 5
CCFMS2	D = 150 mm	Longitudinal $\varnothing = 5,6\text{mm}$ dan Transversal $\varnothing = 4,7\text{mm}$ Jarak $s = 200$ mm	FM $\varnothing 4 - 50$ mm (Selimut dikupas)	Sampel 6

Keterangan :

CCFMS1 = *Circular Column Fine Mesh and Spiral*

CCFMS2 = *Circular Column Fine Mesh and Spiral Cover*

CCP = *Circular Coloumn*

CCL = *Circular Column Longitudinal*

CCS = *Circular Column Spiral*

CCFM = *Circular Coloumn Fine Mesh*

D = Diameter kolom

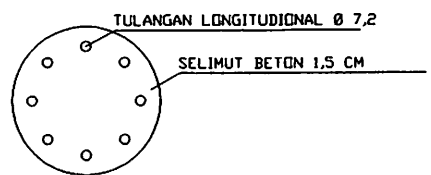
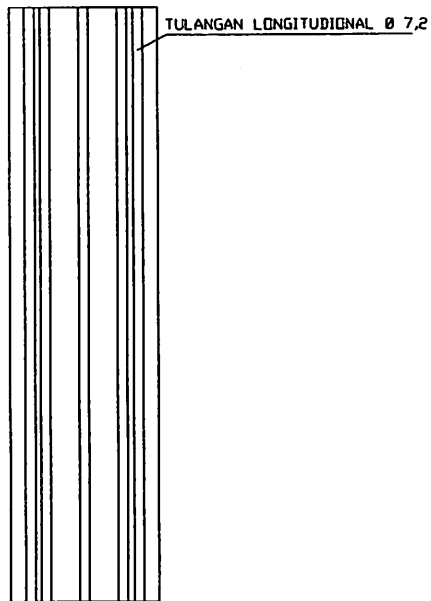
FM = *Fine Mesh*

s = *Jarak Tulangan Spiral/Senggang BJTP*

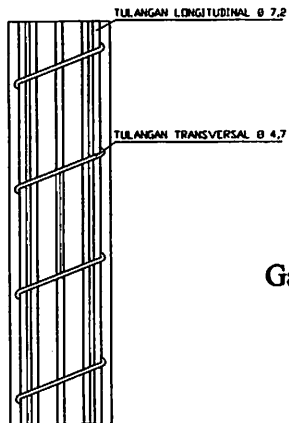
Model benda uji kolom bulat yang akan diteliti dapat dilihat dalam Gambar 3.1a, 3.1b, 3.1c, 3.1d, 3.1e, 3.1 f berikut ini :



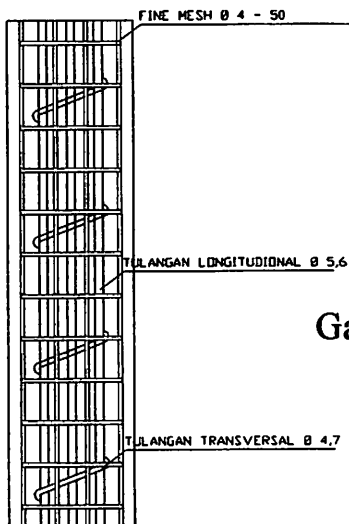
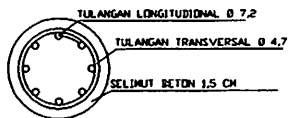
Gambar 3.1a : Benda uji kolom bulat tanpa tulangan (sample 1)



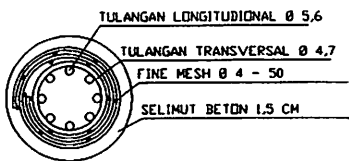
**Gambar 3.1b : Benda uji kolom
bulat terkekang tulangan
longitudinal Ø 7,2 mm
(sample 2)**

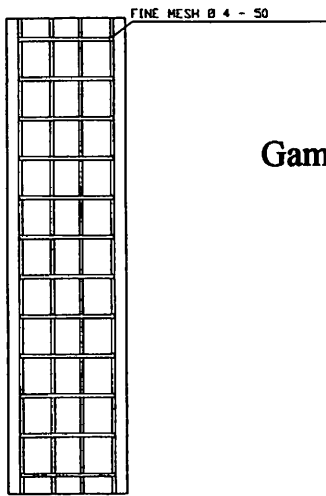


Gambar 3.1c : Benda uji kolom bulat terkekang tulangan longitudinal Ø 7,2 mm dan tulangan transversal Ø 4,7 mm (sample 3)

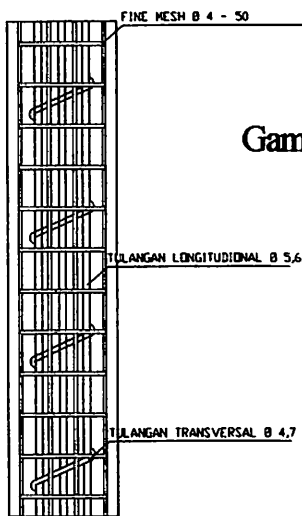
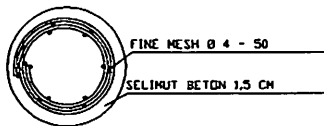


Gambar 3.1d : Benda uji kolom bulat terkekang tulangan longitudinal Ø 5,6 mm tulangan transversal Ø 4,7 mm dan fine mesh Ø 4 - 50 dicor gabung (sample 4)

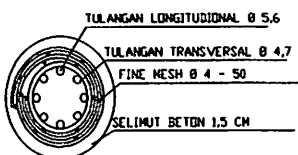




**Gambar 3.1e : Benda uji kolom
bulat terkekang tulangan
fine mesh Ø 4 - 50
(sample 5)**



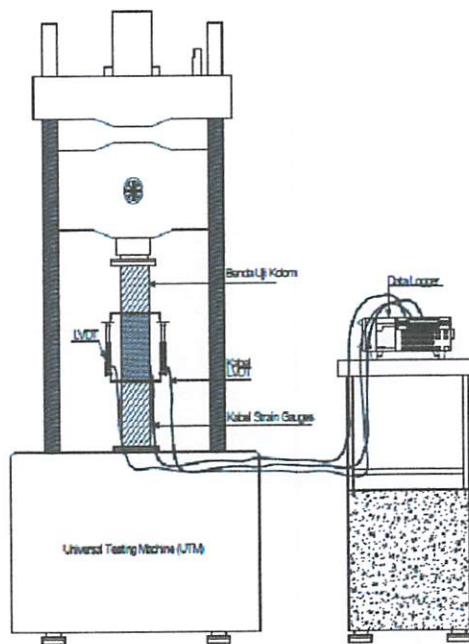
**Gambar 3.1f : Benda uji kolom
bulat terkekang tulangan
longitudinal Ø 5,6 mm
tulangan transversal Ø 4,7 mm
dan fine mesh Ø 4 - 50 selimut dikupas
(sample 6)**



3.5.3. Peralatan Pengujian Silinder dan Kolom

Untuk menguji kolom, masing-masing kolom diuji dengan beban aksial konstan pada bagian ujung atas kolom. Beban aksial konstan diperoleh dari alat *Universal Testing Machine (UTM)* dengan kapasitas 200 ton.

Ilustrasi set-up instrument yang telah digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2. Pada Gambar 3.2, memperlihatkan ilustrasi set up instrument pada waktu melakukan pengujian benda uji kolom, yang mana kolom telah dipasangkan *dial gauge* untuk pembacaan displacement arah vertikal dan pada kolom sudah terpasang *strain gauge* untuk pembacaan regangan pada *tulangan spiral BJTP* maupun *fine mesh*. Pembacaan displacement pada dial gauges dan regangan pada *tulangan spiral BJTP* maupun *fine mesh* digunakan alat *data logger*.



Gambar 3.2 Ilustrasi set-up pengujian kolom

3.5.4. Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan uji material agregat dan semen
2. Melakukan uji tarik *fine mesh*.
3. Melakukan uji tarik baja tulangan polos (BJTP).
4. Melakukan penelitian analisis material untuk mendapatkan mix desain campuran beton sesuai dengan kuat tekan rencana $f'c = 17,967$ MPa.
5. Melakukan pekerjaan begisting kolom bulat $\varnothing = 150$ mm
6. Melakukan pekerjaan pembentukkan dan pemasangan *fine mesh*
7. Melakukan pekerjaan pembesian *tulangan konvensional*.
8. Memasang strain gauge pada *fine mesh*, tulangan longitudinal dan transversal kolom.
9. Melakukan pengecoran benda uji silinder dan kolom.
10. Setelah 48 jam atau beton telah cukup kering, cetakan benda uji silinder dan kolom dibuka.
11. Setelah cetakan dibuka, akan dilakukan perawatan beton dengan cara merendam benda uji silinder ke dalam bak yang berisi air dan kolom dibungkus dengan karung goni yang selalu dalam keadaan basah.
12. Setelah benda uji berumur 28 hari, akan pengujian kuat tekan.
13. Pengujian dilakukan dengan sistem *load control* dan *displacement control*.
14. Pengambilan data regangan tulangan *spiral BJTP* dan *fine mesh* pada saat pembebanan diperoleh melalui strain gauge yang terpasang menggunakan alat *data logger*.
15. Selama pembebanan akan dilakukan pengamatan, pemotretan dan pencatatan data.
16. Data yang akan dicatat adalah :
 - a. Pencatatan data pembebanan naik dan turun.
 - b. Pencatatan fenomena retak dan besar beban pada awal retak
 - c. Lompatan beban dan besar beban pada saat kolom runtuh.

d.Data regangan *tulangan spiral* dan *fine mesh* berdasarkan hasil dari *strain gauge*.

3.6. Analisis Data

Dari kepustakaan yang ada, akan dilakukan analisis teoritis kurva hubungan tegangan regangan beton terkekang. Dari beberapa model kurva tersebut, kami pilih yang paling cocok untuk dipakai sebagai hipotesa perilaku *fine mesh* adalah menggunakan model hubungan tegangan-regangan beton terkekang menggunakan usulan Mander, dkk.(1988) dalam jurnalnya yang berjudul Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete hal 1804 – 1826

3.7. Laporan yang akan dikerjakan

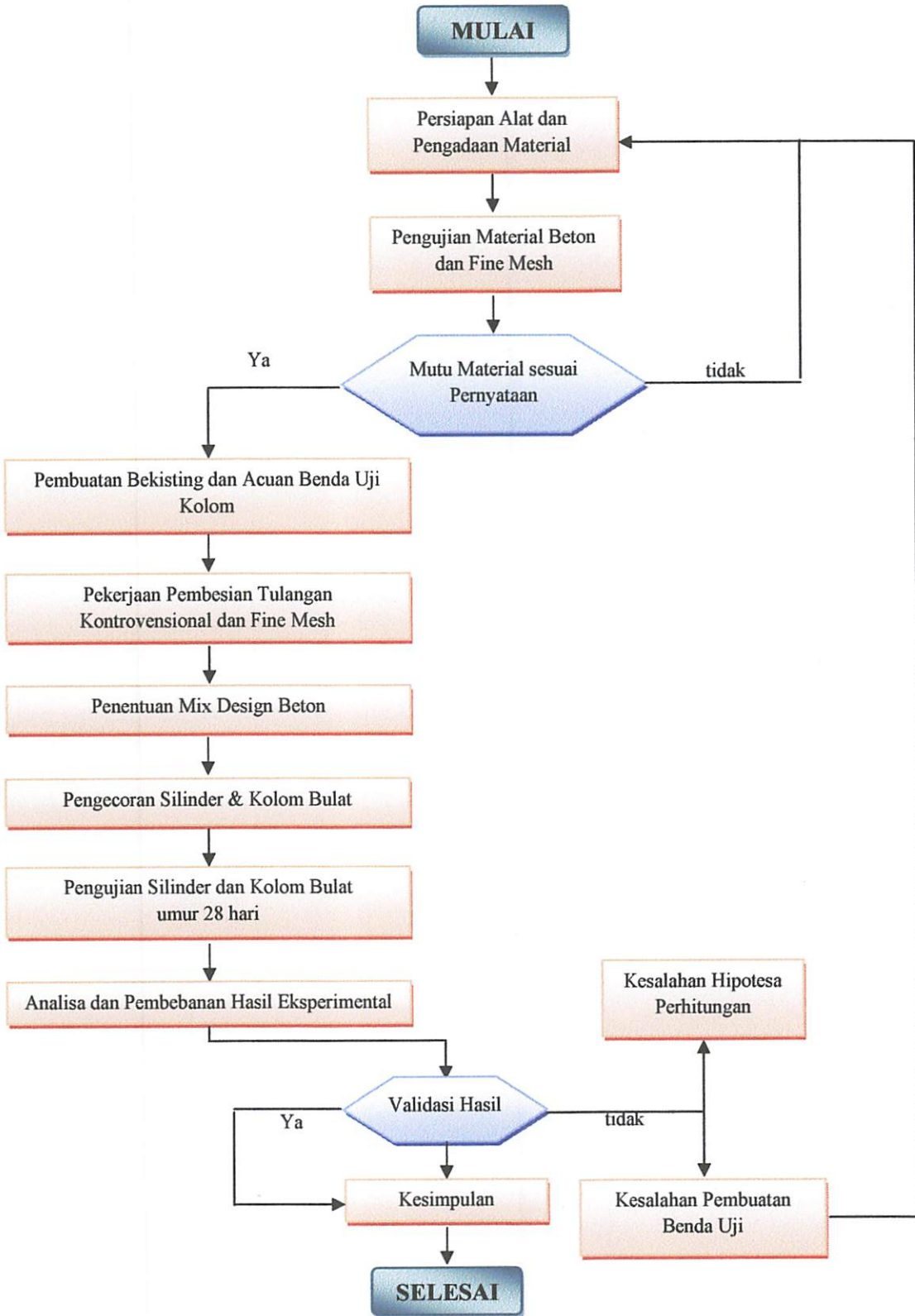
Pada tahap ini dilakukan pengolahan dan analisis data, berupa analisis terhadap data hasil eksperimen yang meliputi pengkajian terhadap peningkatan kuat tekan beton, regangan tekan beton pada saat tegangan maksimum (ϵ'_{cc}) dan regangan tekan beton ultimit (ϵ'_{cu}).

Penyajian data-data yang akan dilakukan dari hasil penelitian ini antara lain adalah :

1. Pengaruh rasio volumetrik, grid, diameter, *fine mesh* terhadap kurva hubungan tegangan-regangan hasil eksperimen.
2. Pengaruh rasio volumetrik, spasi, diameter, *tulangan spiral* terhadap kurva hubungan tegangan-regangan hasil eksperimen.
3. Pengaruh rasio volumetrik, spasi, diameter, *tulangan spiral* yang diberi lapisan *fine mesh* terhadap kurva hubungan tegangan-regangan hasil eksperimen.
4. Pengaruh rasio volumetrik, spasi, diameter dan *fine mesh* terhadap regangan tekan ultimit (ϵ'_{cu}) penampang beton.
5. Pengaruh rasio volumetrik, spasi, diameter dan *tulangan spiral* terhadap regangan tekan ultimit (ϵ'_{cu}) penampang beton.

6. Pengaruh rasio volumetrik, spasi, diameter dan tulangan *spiral* yang dibungkus *fine mesh* terhadap regangan tekan ultimit (ϵ'_{cu}) penampang beton.
7. Faktor penambahan kekuatan beton terkekang terhadap efektifitas *fine mesh*.
9. Faktor penambahan kekuatan beton terkekang terhadap efektifitas tulangan *spiral*.
10. Faktor penambahan kekuatan beton terkekang terhadap efektifitas tulangan *spiral* yang dibungkus *fine mesh*.
11. Pengaruh efektifitas pengekangan *fine mesh* terhadap regangan pada tegangan respon puncak kolom.
12. Pengaruh efektifitas pengekangan tulangan *spiral* terhadap regangan pada tegangan respon puncak kolom.
13. Pengaruh efektifitas pengekangan tulangan *spiral* yang diberi lapisan *fine mesh* terhadap regangan pada tegangan respon puncak kolom.
14. Pengaruh rasio volumetrik, kapasitas pengekangan dan spasi *fine mesh* terhadap rasio penambahan kekuatan kolom.
15. Pengaruh rasio volumetrik, kapasitas pengekangan dan spasi tulangan *spiral* terhadap rasio penambahan kekuatan kolom.
16. Pengaruh rasio volumetrik, kapasitas pengekangan dan spasi tulangan *spiral* yang diberi lapisan *fine mesh* terhadap rasio penambahan kekuatan kolom.

3.8. Bagan Alir Rencana Penelitian



Gambar 3.3. Bagan alir rencana penelitian

3.9 Parameter Penelitian

Parameter perancangan yang telah dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Kolom pendek dengan penampang berbentuk bulat dengan diameter $\varnothing = 150$ mm dan tinggi $h = 600$ mm
- b. Selimut beton kolom = 15 mm.
- c. Mutu beton $f'_c = 17,967$ MPa.
- d. Tegangan leleh baja tulangan polos $f_y = 223,12$ MPa
- e. Tegangan leleh *fine mesh* $f_{ym} = 470$ MPa
- f. Baja tulangan polos $\varnothing = 4,7$ mm dan $\varnothing = 7,2$ mm
- g. Diameter *fine mesh* adalah $\varnothing = 4$ mm dengan ukuran grid 50 x 50 mm.
- h. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai sebanyak 2 (dua) lapis, untuk kolom beton terkekang *fine mesh* (CCFM).
- i. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai sebanyak 2 (dua) lapis untuk membungkus kolom beton terkekang *tulangan spiral BJTP* yang memikul beban gravitasi.
- j. Kurva hubungan tegangan-regangan kolom beton polos, kurva hubungan tegangan-regangan kolom beton terkekang *fine mesh*, kurva hubungan tegangan-regangan kolom beton terkekang *tulangan spiral BJTP*, kurva hubungan tegangan-regangan kolom beton terkekang *tulangan spiral BJTP* yang dibungkus *fine mesh*..

3.10 Prediksi Analitis kolom Bulat

Dari kepustakaan yang ada, telah kami lakukan analisis teoritis kurva hubungan tegangan regangan beton tidak terkekang dan beton terkekang. Dari beberapa model kurva tersebut, kami pilih yang paling cocok untuk dipakai sebagai hipotesa perilaku *fine mesh* adalah menggunakan usulan Hognestad untuk model hubungan tegangan-regangan beton tidak terkekang sedangkan untuk model hubungan tegangan-regangan beton terkekang menggunakan usulan Mander,

dkk.(1988). dalam jurnalnya yang berjudul Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete hal 1804 - 1826

3.10.1 Kolom Beton Polos (CCP)

$$\begin{aligned}A_g &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\&= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 150^2 \\&= 17679 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{maks} &= f'_c \times A_g \\&= 17,97 \times 17676 \\&= 317630,89 \text{ N} \\&= 31,763089 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_c &= 4700 \sqrt{f'_c} \\&= 4700 \sqrt{17,97} \\&= 19922 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_0 &= \frac{2f'_c}{E_c} \\&= \frac{2 \times 17,97}{19922,124} \\&= 0,001804\end{aligned}$$

$$f_c = f'_c \left[\frac{2\varepsilon_c}{\varepsilon_0} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^2 \right]$$

$$f_c'' = \frac{f_c}{\left[\frac{2\varepsilon_c}{\varepsilon_o} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_o} \right)^2 \right]}$$

$$= \frac{17,97}{\left[\frac{2 \times 0,0018}{0,0018} - \left(\frac{0,0018}{0,0018} \right)^2 \right]}$$

$$= 17,97 \text{ MPa}$$

Tabel 3.2. Tegangan Regangan Kolom Beton Polos (CCP) menurut Hognestad

No	ε_c	f_c (Mpa)
1	2	3
1	0,0000	0,0000
2	0,0002	3,4137
3	0,0004	6,4681
4	0,0005	9,1632
5	0,0007	11,4989
6	0,0009	13,4753
7	0,0011	15,0923
8	0,0013	16,3500
9	0,0014	17,2483
10	0,0016	17,7873
11	0,0018	17,9670
12	0,0019	17,4429
13	0,0021	16,9187
14	0,0022	16,3946
15	0,0023	15,8704
16	0,0024	15,3463
17	0,0026	14,8221
18	0,0027	14,2980
19	0,0028	13,7739
20	0,0030	13,2497
21	0,0031	12,7256

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.2

➤ Kolom 1

Nomorurut.

➤ Kolom 2

Regangan beton naik (no urut 1 s/d 11)

$$\varepsilon_c = \frac{0,002}{10}$$

Regangan beton turun (no urut 11 s/d 13)

$$\varepsilon_{su} = \frac{3 + 0,002 \cdot f'_c}{f'_c - 1000}$$

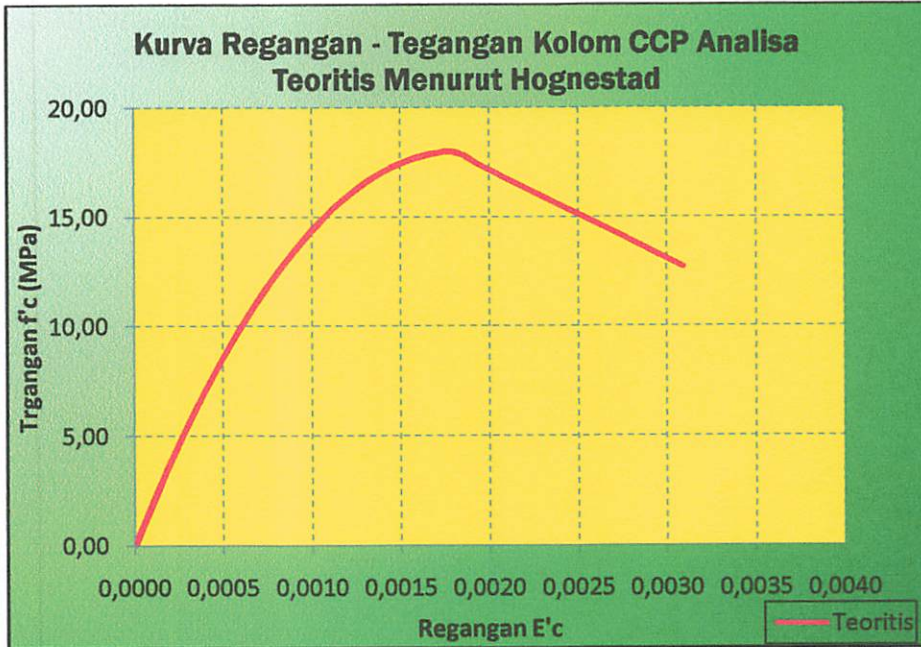
➤ Kolom 3

Kuat tekan beton kolom

$$f_c = f'_c \left[\frac{2\varepsilon_c}{0,002} - \left(\frac{\varepsilon_c}{0,002} \right)^2 \right] \dots\dots\dots \text{Kurva naik dan turun}$$

$$f_c = 0,85 \times f'_c$$

Kurva tegangan-regangan beton kolom polos (*CCP*) yang terlihat pada Gambar 3.3. di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.2 yaitu angka-angka pada kolom 2 untuk arah horisontal (regangan) dan kolom 3 untuk arah vertikal (tegangan).



Gambar 3.3. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Analisa Teoritis Kolom CCP menurut Hognestad

3.10.2 Kolom Beton Terkekang Fine Mesh (CCFM)

Luas total fine mesh arah longitudinal adalah :

$$\begin{aligned}
 A_{sfm} &= m_2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\
 &= 29 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 4^2 \\
 &= 364,57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Perbandingan modulus elastisitas baja (E_s) terhadap beton (E_c) :

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{E_s}{E_c} \\
 &= \frac{200000}{19922} \\
 &= 10,0391
 \end{aligned}$$

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$D_{cfm} = 150 - 15 - 15 - 4 = 116 \text{ mm}$$

$$D'_{cfm} = 150 - 15 - 15 = 120 \text{ mm}$$

Rasio volumetric *fine mesh* (ρ_{sfm}) untuk 1 (satu) layer adalah :

- *Layer 1 (lapisan dalam)* :

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$D_{cfm} = 150 - 15 - 15 - (2 \times 4) - (2 \times 4) - 4 = 100 \text{ mm}$$

$$D'_{cfm} = 150 - 15 - 15 - (2 \times 4) - (2 \times 4) = 120 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{sfm} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 4^2 \\ &= 12,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Rasio *fine mesh* (ρ_{sfm}) untuk layer dalam adalah :

$$\begin{aligned} \rho_{sfm} &= \frac{(\pi \cdot D_{cfm}) \cdot A_{fm}}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D'_{cfm}{}^2\right) \cdot s} \\ &= \frac{(\pi \cdot 100) (12,571)}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 104^2\right) \cdot 50} \\ &= 0,0093 \end{aligned}$$

- *Layer 2 (lapisan luar)* :

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$D_{cfm} = 150 - 15 - 15 - 4 = 116 \text{ mm}$$

$$D'_{cfm} = 150 - 15 - 15 = 120 \text{ mm}$$

Rasio *fine mesh* (ρ_{sfm}) untuk layer dalam adalah :

$$\begin{aligned}\rho_{sfm} &= \frac{(\pi \cdot D_{cfm}) A_{fm}}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{cfm}'^2\right) S} \\ &= \frac{(\pi \cdot 116)(12,571)}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 120^2\right) 50} \\ &= 0,0081\end{aligned}$$

Rasio total = $\rho_x = \rho_y = 0,0093 + 0,0081$

$$\rho_{sfm} = \rho_x = \rho_y = 0,0174$$

$$f'_{lx} = K_e \cdot \rho_{sfm} \cdot f_{yfm}$$

$$f'_{ly} = K_e \cdot \rho_{sfm} \cdot f_{yfm}$$

$$K_e = 0,95$$

$$f'_{lx} = f'_{ly} = 0,95 \times 0,0174 \times 470$$

$$= 7,7675 \text{ MPa}$$

$$\frac{f'_{lx}}{f'_c} = \frac{f'_{ly}}{f'_c} = \frac{7,7675}{17,97} = 0,4323$$

$$K = 1 + 2,05 \rho_{sfm} \left(\frac{f_{yh}}{f'_c} \right)$$

$$K = 1 + 2,05 \times 0,0174 \times \left(\frac{470}{17,97} \right) = 1,9329$$

$$K = \frac{f'_{\infty}}{f'_c} \implies f'_{\infty} = K \cdot f'_c$$

$$f'_{cc} = 1,9329 \times 17,97 = 34,7285 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right]$$

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \left(\frac{34,7285}{17,97} - 1 \right) \right] = 0,0013$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \cdot \rho_{sfm} \cdot f_{yfm} \cdot \frac{\varepsilon_{sm}}{f'_{cc}}$$

$$\rightarrow \rho_s = 0,0174$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,0174 \times 470 \times \frac{0,15}{34,7285} = 0,0534$$

Beban maksimum kolom CCFM adalah :

$$\begin{aligned} P_{maks} &= f'_{cc} \times ((A_g - A_{sfm}) + (A_{sfm} \times n)) \\ &= 34,729 \times ((17679 - 364,5714) + (364,5714 \times 10,0391)) \\ &= 728394,59 \text{ N} = 72,839 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{ccf} = \frac{1,17 \times ((5 \times f'_{cc}) - (4 \times f'_{cc}))}{E_c}$$

$$\varepsilon_{ccf} = \frac{1,17 \times ((5 \times 34,729) - (4 \times 34,729))}{19922} = 0,0020$$

$$\varepsilon_{sccj} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{ccj}}$$

$$\varepsilon_{sccj} = \frac{34,729}{0,0020} = 17027$$

$$r_j = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c - \varepsilon_{sccj}}$$

$$r_j = \frac{19922,1241}{19222,1241 - 17027,456} = 6,8824$$

$$\rho_{crfp} = \frac{(4 \times 0,13)}{150} = 0,0035$$

$$f_{ju} = 0,011 \times E_{\text{beton}}$$

$$f_{ju} = 0,011 \times 230000 = 2530 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{uj} = \frac{f_{ju}}{E_{\text{beton}}} = \frac{2530}{230000} = 0,011$$

Tabel 3.3. Tegangan Regangan Kolom Beton Terkekang *Fine Mesh* (CCFM) menurut Mander, dkk.

No	ε_{cc}	X	f'_{cc} (MPa)
1	2	3	4
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0002	0,1000	4,0632
3	0,0004	0,2000	8,1265
4	0,0006	0,3000	12,1892
5	0,0008	0,4000	16,2479
6	0,0010	0,5000	20,2869
7	0,0012	0,6000	24,2568
8	0,0014	0,7000	28,0334
9	0,0016	0,8000	31,3582
10	0,0018	0,9000	33,7876
11	0,0020	1,0000	34,7285
12	0,0029	1,4393	34,2076
13	0,0038	1,8787	33,6945
14	0,0047	2,3180	33,1891
15	0,0056	2,7573	32,6912
16	0,0065	3,1967	32,2008

17	0,0074	3,6360	31,7178
18	0,0083	4,0753	31,2421
19	0,0092	4,5147	30,7734
20	0,0101	4,9540	30,3118
21	0,0110	5,3933	29,8572

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.3.

➤ Kolom 1

Nomor urut.

➤ Kolom 2

Regangan beton naik (no urut 1 s/d 11)

$$\varepsilon_c = \frac{0,002}{10}$$

Regangan beton turun (no urut 11 s/d 21)

$$\varepsilon_{50u} = \frac{3 + 0,002 \cdot f'_c}{f'_c - 1000}$$

➤ Kolom 3

Rasio perbandingan regangan beton terhadap regangan saat tegangan mencapai maksimum

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}}$$

$$\varepsilon_{cc} = 0,002[1 + 5(f'_{cc} / f'_c - 1)]$$

➤ Kolom 4

Kuat tekan beton kolom

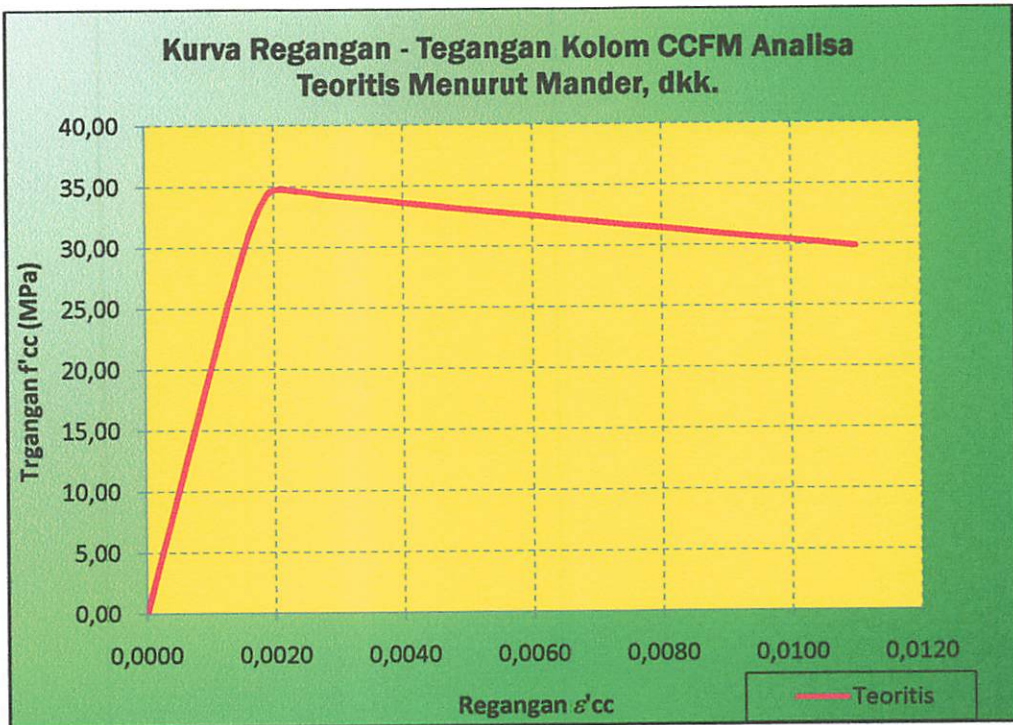
$$f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times r}{r - 1 + x^r}$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}}$$

$$\varepsilon_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}}$$

$$f'_{cc} = K * f'_c$$

Kurva tegangan-regangan beton kolom terkekang *fine mesh* (CCFM) yang terlihat pada Gambar 3.4. di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.3 yaitu angka-angka pada kolom 2 untuk arah horisontal (regangan) dan kolom 4 untuk arah vertikal (tegangan).



Gambar 3.4. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Analisa Teoritis Kolom CCFM

3.10.3 Kolom Beton Terkekang Spiral (CCS)

Kolom CCS adalah kolom beton yang terkekang tulangan spiral BJTP Ø10 – 60, yang mana tulangan spiral yang terpasang pada kolom CCS sudah memenuhi syarat pengekanan untuk kolom yang memikul beban gempa sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.4 dan ACI 318-2005 section 21.4.4.1.

$$\begin{aligned} D_c &= D - (2 \times \text{selimut beton}) - \varnothing \text{tulangan spiral} \\ &= 250 - (2 \times 15) - 4,7 \\ &= 115,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D'_c &= D - (2 \times \text{selimut beton}) \\ &= 250 - (2 \times 15) \\ &= 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= m_1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 8 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 4,7^2 \\ &= 138,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan spiral untuk gempa kuat pada kolom bulat adalah Ø10 – 60.

Rasio tulangan spiral yang terpasang adalah :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 7,2^2 \\ &= 40,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{Sterpasang}} = \frac{(\pi \cdot D_c) A_{sv}}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_c^2\right) s}$$

$$= \frac{(\pi \cdot 115,3) \left(\sqrt{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 7,20^2} \right)}{\left(\sqrt{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 120^2} \right) 50}$$

$$= 0,0332$$

$$\rho_x = \rho_y = 0,0332$$

$$f'_{lx} = K_e \cdot \rho_x \cdot f_{yh}$$

$$f'_{ly} = K_e \cdot \rho_y \cdot f_{yh}$$

$$K_e = 0,95$$

$$f'_{lx} = f'_{ly} = 0,95 \times 0,0332 \times 223,120$$

$$= 7,03856 \text{ MPa}$$

$$\frac{f'_{lx}}{f'_c} = \frac{f'_{ly}}{f'_c} = \frac{7,0386}{17,97} = 0,3917$$

$$K = 1 + 2,05 \rho_s \left(\frac{f_{yh}}{f'_c} \right)$$

$$K = 1 + 2,05 \times 0,0332 \times \left(\frac{223,120}{17,97} \right) = 1,8454$$

$$K = \frac{f'_{\alpha}}{f'_c} \implies f'_{\alpha} = K \cdot f'_c$$

$$f'_{\alpha} = 1,8454 \times 17,97 = 33,155 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon'_{\alpha} = 0,002 \left[1 + 5 \left(\frac{f'_{\alpha}}{f'_c} - 1 \right) \right]$$

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \left(\frac{33,155}{17,97} - 1 \right) \right] = 0,01045$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \cdot \rho_s \cdot f_{yh} \cdot \frac{\varepsilon_{sm}}{f'_{cc}}$$

$$\rightarrow \rho_s = 0,0332$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,0332 \times 100 \times \frac{0,15}{33,155} = 0,0250$$

Beban maksimum kolom CCS adalah :

$$\begin{aligned} P_{maks} &= f'_{cc} \times ((A_g - A_s) + (A_s \times n)) \\ &= 33,155 \times ((17679 - 138,85) + (138,85 \times 10,0391)) \\ &= 627754,55 \text{ N} = 66,775455 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{ccj} = \frac{1,17 \times ((5 \times f'_{cc}) - (4 \times f'_{cc}))}{E_c}$$

$$\varepsilon_{ccj} = \frac{1,17 \times ((5 \times 33,155) - (4 \times 33,155))}{19922} = 0,0019$$

$$\varepsilon_{sccj} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{ccj}}$$

$$\varepsilon_{sccj} = \frac{33,155}{0,0019} = 17027$$

$$\Gamma_j = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c - \varepsilon_{sccj}}$$

$$\Gamma_j = \frac{19922,1241}{19922,1241 - 17027,456} = 6,8824$$

$$\rho_{crfp} = \frac{(4 \times 0,13)}{150} = 0,0035$$

$$f_{ju} = 0,011 \times E_{\text{beton}}$$

$$f_{ju} = 0,011 \times 230000 = 2530 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{f_{ju}}{E_{\text{beton}}} = \frac{2530}{230000} = 0,011$$

Tabel 3.4. Tegangan Regangan Kolom Beton Terkekang Tulangan Spiral BJTP (CCS) menurut Mander, dkk.

No	ε_{cc}	X	f _{cc} (MPa)
1	2	3	4
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0002	0,1000	3,8792
3	0,0004	0,2000	7,7584
4	0,0006	0,3000	11,6371
5	0,0008	0,4000	15,5119
6	0,0010	0,5000	19,3680
7	0,0012	0,6000	23,1581
8	0,0014	0,7000	26,7636
9	0,0016	0,8000	29,9378
10	0,0018	0,9000	32,2572
11	0,0019	1,0000	33,1555
12	0,0029	1,4649	32,6581
13	0,0038	1,9298	32,1683
14	0,0047	2,3948	31,6857
15	0,0056	2,8597	31,2105
16	0,0065	3,3246	30,7423
17	0,0074	3,7895	30,2812
18	0,0083	4,2544	29,8270
19	0,0092	4,7194	29,3795
20	0,0101	5,1843	28,9389
21	0,0110	5,6492	28,5048

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.4.

➤ Kolom 1

Nomor urut.

➤ Kolom 2

Regangan beton naik (no urut 1 s/d 11)

$$\varepsilon_c = \frac{0,002}{10}$$

Regangan beton turun (no urut 11 s/d 21)

$$\varepsilon_{sou} = \frac{3 + 0,002 \cdot f'_c}{f'_c - 1000}$$

➤ Kolom 3

Rasio perbandingan regangan beton terhadap regangan saat tegangan mencapai maksimum

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}}$$

$$\varepsilon_{cc} = 0,002 [1 + 5(f'_{cc} / f'_c - 1)]$$

➤ Kolom 4

Kuat tekan beton kolom

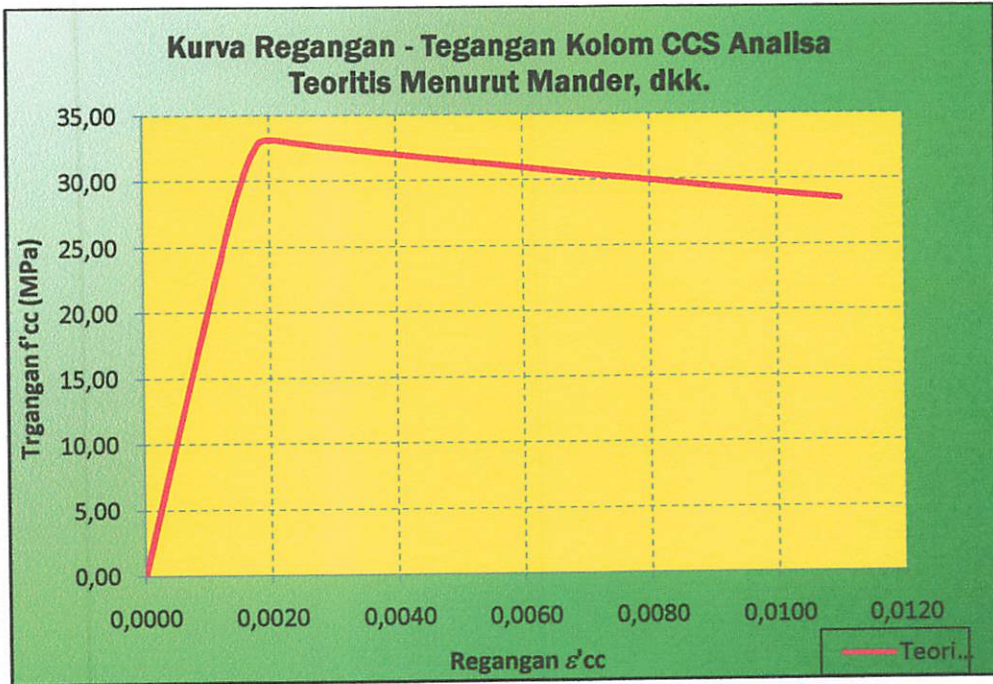
$$f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times r}{r - 1 + x^r}$$

$$r = \frac{\varepsilon_{cc}}{\varepsilon_{cc} - \varepsilon_{sec}}$$

$$\varepsilon_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}}$$

$$f'_{cc} = K^* f'_c$$

Kurva tegangan-regangan beton kolom terkekang *tulangan spiral* (CCS) yang terlihat pada Gambar 3.5. di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.4 yaitu angka-angka pada kolom 2 untuk arah horisontal (regangan) dan kolom 4 untuk arah vertikal (tegangan).



Gambar 3.5. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Analisa Teoritis Kolom CCS

3.10.4 Kolom Beton Terkekang Spiral yang dibungkus Fine Mesh (CCFMS)

Kolom CCFMS adalah kolom beton yang terkekang tulangan spiral BJTP Ø4,7 – 50, yang mana tulangan spiral yang terpasang pada kolom CCFMS belum memenuhi syarat pengekangan untuk kolom yang memikul beban gempa sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.4 sehingga perlu dibungkus lagi menggunakan *fine mesh* pada bagian luar tulangan spiral agar total ρ_s -nya memenuhi syarat pengekangan yang setara dengan ρ_s pada kolom CCS.

Rasio tulangan transversal (ρ_s) kolom CCFMS sulit dibuat sama persis dengan ρ_s kolom CCS, karena setiap layer *fine mesh* mempunyai nilai ρ_s . Penentuan jumlah layer *fine mesh* sebanyak 2 layer pada kolom CCFMS adalah yang paling dekat dengan ρ_s kolom CCS, karena bila jumlah layer *fine mesh* dibuat menjadi 3 layer maka ρ_s kolom CCFMS akan jauh lebih tinggi dari ρ_s kolom CCS.

$$\begin{aligned} A_{s_{fm}} &= m_2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 29 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 4^2 \\ &= 364,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= m_1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 8 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 7,2^2 \\ &= 325,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Rasio tulangan spiral yang dibungkus *fine mesh* ekuivalen dengan rasio tulangan spiral untuk gempa kuat, dengan rincian perhitungan :

- Tulangan spiral yang terpasang pada kolom bulat adalah $\phi 4,7 - 50$.

$$\begin{aligned} D_c &= D - (2 \times \text{selimut beton}) - 8x\phi_{\text{fine mesh}} - \phi_{\text{tulangan spiral}} \\ &= 150 - (2 \times 15) - (8 \times 4) - 4,7 \\ &= 170,10 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{c'} &= D - (2 \times \text{selimut beton}) - 8x\phi_{\text{fine mesh}} \\ &= 150 - (2 \times 15) - (8 \times 4) \\ &= 88 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rasio tulangan spiral yang terpasang adalah :

$$\begin{aligned}\rho_{s\text{terpasang}} &= \frac{(\pi \cdot D_c) A_{sv}}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_c'^2\right) s} \\ &= \frac{(\pi \cdot 83,3) \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 4,7^2\right)}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 88^2\right) 75} \\ &= 0,00996 < \rho_s = 0,0186\end{aligned}$$

- *Layer 1 (lapisan dalam) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$D_{cfm} = 150 - 15 - 15 - 4,7 - 4,7 - 4 = 106,6 \text{ mm}$$

$$D'_{cfm} = 150 - 20 - 20 - 4,7 - 4,7 = 110,6 \text{ mm}$$

Rasio *fine mesh* ($\rho_{s\text{fm}}$) untuk layer dalam adalah :

$$\begin{aligned}\rho_{s\text{fm}} &= \frac{(\pi \cdot D_{cfm}) A_{fm}}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D'_{cfm}{}^2\right) s} \\ &= \frac{(\pi \cdot 106,6) (12,571)}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 110,6^2\right) 50} \\ &= 0,0088\end{aligned}$$

- *Layer 2 (lapisan luar) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$D_{cfm} = 150 - 15 - 15 - 4 = 116 \text{ mm}$$

$$D'_{cfm} = 150 - 15 - 15 = 120 \text{ mm}$$

Rasio *fine mesh* (ρ_{sfm}) untuk layer dalam adalah :

$$\begin{aligned}\rho_{sfm} &= \frac{(\pi \cdot D_{cfm}) A_{fm}}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D'_{cfm}{}^2\right) S} \\ &= \frac{(\pi \cdot 116) (12,571)}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 120^2\right) 50} \\ &= 0,0081\end{aligned}$$

$$\text{Rasio total} = \rho_x = \rho_y = 0,00996 + 0,0088 + 0,0081$$

$$\rho_x = \rho_y = 0,0268$$

$$f'_{lx} = K_e \cdot \rho_x \cdot f_{yh}$$

$$f'_{ly} = K_e \cdot \rho_y \cdot f_{yh}$$

$$K_e = 0,95$$

$$f'_{lx} = f'_{ly} = 0,95 \times 0,0268 \times 223,120$$

$$= 5,685 \text{ MPa}$$

$$\frac{f'_{lx}}{f'_c} = \frac{f'_{ly}}{f'_c} = \frac{5,685}{17,97} = 0,3164$$

$$K = 1 + 2,05 \rho_s \left(\frac{f_{yh}}{f'_c} \right)$$

$$K = 1 + 2,05 \times 0,0268 \times \left(\frac{223,120}{17,97} \right) = 1,6828$$

$$K = \frac{f'_{\infty}}{f'_c} \implies f'_{\infty} = K \cdot f'_c$$

$$f'_{cc} = 1,6828 \times 17,97 = 30,234 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right]$$

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \left(\frac{30,234}{17,97} - 1 \right) \right] = 0,0088$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \cdot \rho_s \cdot f_{yh} \cdot \frac{\varepsilon_{sm}}{f'_{cc}}$$

$$\rightarrow \rho_s = 0,0268$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,0268 \times 223,120 \times \frac{0,15}{30,234} = 0,0456$$

Beban maksimum kolom CCFMS adalah :

$$P_{maks} = f'_{cc} \times ((A_g - A_s - A_{sfm}) + (A_s \times n) + (A_{sfm} \times n))$$

$$= 30,234 \times ((17679 - (325,85 + 325,85)) + (325,85 \times 10,039) + (364,57 \times 10,039))$$

$$= 724354,25 \text{ N} = 72,435 \text{ ton}$$

$$\varepsilon_{ccj} = \frac{1,17 \times ((5 \times f'_{cc}) - (4 \times f'_{cc}))}{E_c}$$

$$\varepsilon_{ccj} = \frac{1,17 \times ((5 \times 30,234) - (4 \times 30,234))}{19922} = 0,0018$$

$$\varepsilon_{sccj} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{ccj}}$$

$$\varepsilon_{sccj} = \frac{30,234}{0,0018} = 17027$$

$$r_j = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c - \varepsilon_{sccj}}$$

$$r_j = \frac{19922,1241}{19222,1241 - 17027,456} = 6,8824$$

$$\rho_{crfp} = \frac{(4 \times 0,13)}{150} = 0,0035$$

$$f_{ju} = 0,011 \times E_{\text{beton}}$$

$$f_{ju} = 0,011 \times 230000 = 2530 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{uj} = \frac{f_{ju}}{E_{\text{beton}}} = \frac{2530}{230000} = 0,011$$

Tabel 3.5. Tegangan Regangan Kolom Beton Terkekang Tulangan Spiral BJTP yang dibungkus *Fine Mesh* (CCFMS) menurut Mander, dkk.

No	ε_{cc}	X	f _{cc} (MPa)
1	2	3	4
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0002	0,1000	3,5374
3	0,0004	0,2000	7,0748
4	0,0005	0,3000	10,6118
5	0,0007	0,4000	14,1452
6	0,0009	0,5000	17,6616
7	0,0011	0,6000	21,1177
8	0,0012	0,7000	24,4055
9	0,0014	0,8000	27,3001
10	0,0016	0,9000	29,4151
11	0,0018	1,0000	30,2342
12	0,0027	1,5195	29,7807
13	0,0036	2,0390	29,3340
14	0,0045	2,5585	28,8940
15	0,0055	3,0780	28,4606
16	0,0064	3,5975	28,0337
17	0,0073	4,1170	27,6132

18	0,0082	4,6365	27,1990
19	0,0092	5,1560	26,7910
20	0,0101	5,6755	26,3891
21	0,0110	6,1950	25,9933

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.5.

➤ Kolom 1

Nomor urut.

➤ Kolom 2

Regangan beton naik (no urut 1 s/d 11)

$$\varepsilon_c = \frac{0,002}{10}$$

Regangan beton turun (no urut 11 s/d 21)

$$\varepsilon_{50u} = \frac{3 + 0,002 \cdot f'_c}{f'_c - 1000}$$

➤ Kolom 3

Rasio perbandingan regangan beton terhadap regangan saat tegangan mencapai maksimum

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}}$$

$$\varepsilon_{cc} = 0,002 [1 + 5(f'_{cc} / f'_c - 1)]$$

➤ Kolom 4

Kuat tekan beton kolom

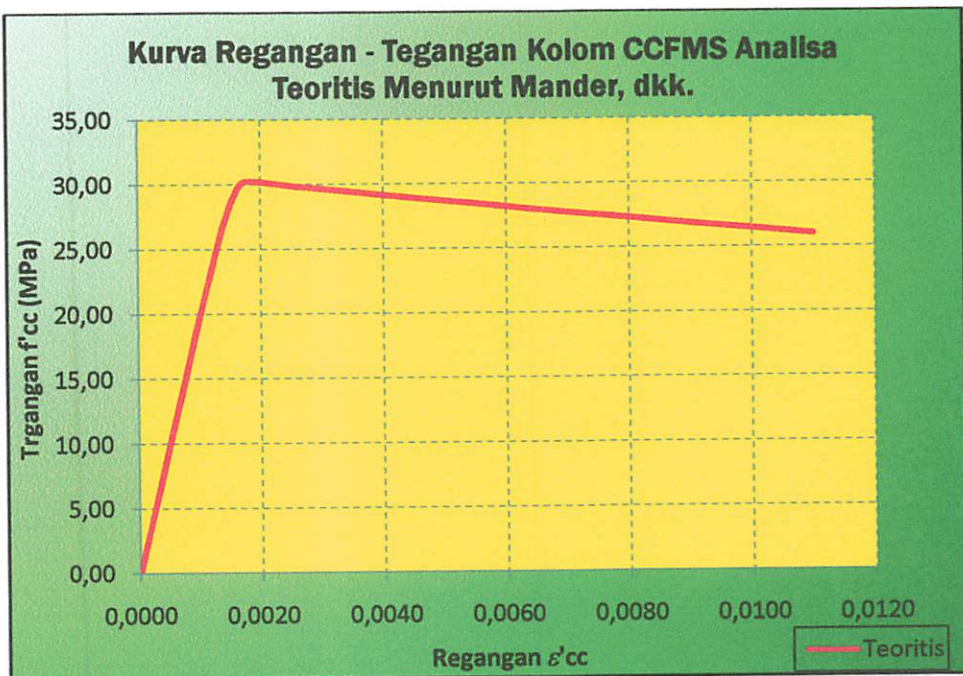
$$f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times r}{r - 1 + x^r}$$

$$r = \frac{\varepsilon_{cc}}{\varepsilon_{cc} - \varepsilon_{sc}}$$

$$\varepsilon_{\text{sec}} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}}$$

$$f'_{cc} = K * f'_c$$

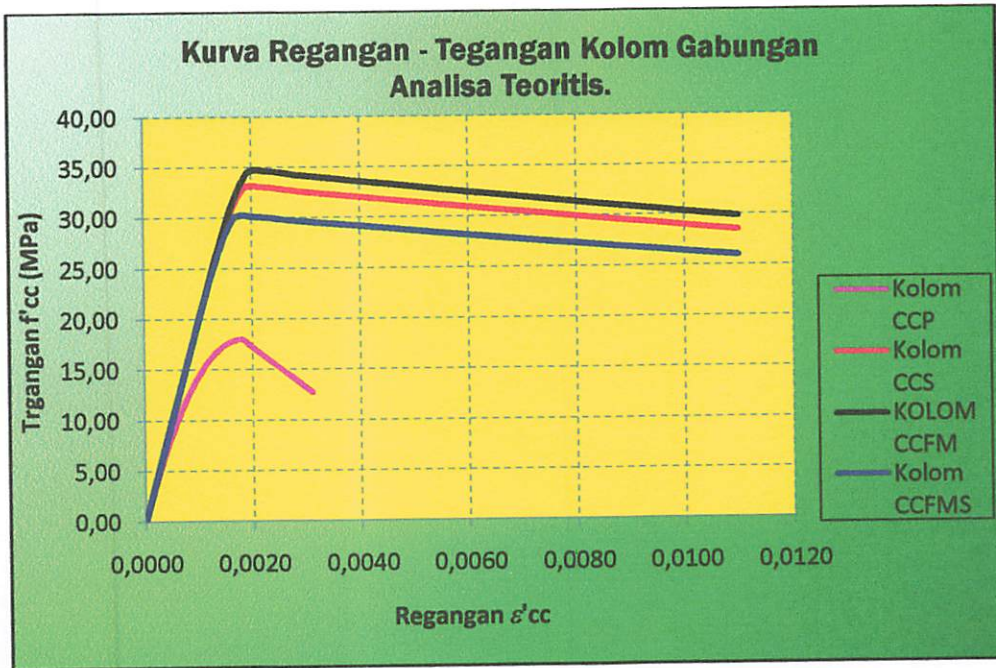
Kurva tegangan-regangan beton kolom terkekang *tulangan spiral* yang dibungkus dengan *fine mesh (CCFMS)* yang terlihat pada Gambar 3.6. di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.5 yaitu angka-angka pada kolom 2 untuk arah horisontal (regangan) dan kolom 4 untuk arah vertikal (tegangan).



Gambar 3.6. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Analisa Teoritis Kolom CCFMS

Gambar 3.7 adalah gambar kurva tegangan-regangan hasil analisa teoritis kolom CCP (Gambar 3.3), CCFM (Gambar 3.4), CCS (Gambar 3.5), dan CCFMS (Gambar 3.6) yang digabungkan ke dalam satu kurva. Terlihat pada kurva, kolom beton polos (CCP) yang tak terkekang (unconfined) mempunyai tegangan dan regangan puncak yang lebih kecil daripada kolom

beton yang terkekang (confined). Kolom beton polos setelah mencapai tegangan puncak langsung mengalami keruntuhan, sedangkan kolom beton terkekang setelah mencapai tegangan puncak masih mengalami displacement yang besar hingga mencapai regangan ultimit kemudian baru mengalami keruntuhan.



Gambar 3.7. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton Analisa Teoritis Gabungan

Mengacu pada Tabel 3.6. terlihat bahwa hasil analisa teoritis kolom CCFM mempunyai efektifitas pengekangan yang cukup baik bila dibanding dengan kolom CCP, sedangkan CCS dan CCFMS mempunyai nilai peningkatan kuat tekan (f'_{cc}), regangan puncak beton terkekang (ϵ'_{cc}) dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) mempunyai nilai yang relatif hampir sama.

Tabel 3.6. Hasil Perhitungan Tegangan-Regangan Teoritis

No	Tipe Kolom	P_s	Teoritis				Perbedaan (%)	
			f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}	P_{maks} (ton)	f'_{cc}	ϵ'_{cc}
1	CCP	-	17,9670	0,0018	0,0031	31,7631	100	100
2	CCFM	0,008	34,7285	0,0020	0,0110	72,8395	-93,29054	-13,07497
3	CCS	0,033	33,1555	0,0019	0,0110	62,7755	4,5295251	4,5295251
4	CCFMS	0,027	30,2342	0,0018	0,0110	72,4354	8,8107498	8,8107498

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Laboratorium

4.1.1. Perancangan Campuran Beton

Perencanaan Mix Desain menggunakan beton readymix Kartika Beton, mutu beton yang direncanakan adalah $f'_c = 20 \text{ MPa}$. (Hasil uji kuat tekan silinder didapat $f'_c = 17,967 \text{ MPa}$)

4.1.1. Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder

Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji selinder dengan ukuran 150 x 300 mm, pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan benda uji selinder sebanyak 16 buah benda uji (8 buah tidak memenuhi syarat) diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar $f'_c = 17,967 \text{ MPa}$, hasil analysis kuat tekan beton selinder dapat dilihat pada lampiran L1.1

4.1.3. Pengujian Tarik Baja Tulangan dan Fine Mesh

Pelaksanaan pengujian kuat tarik baja dan *fine mesh* menggunakan SIN 07-2052-2002. Alat uji yang digunakan adalah *Universal Testing Machine (UTM)*. Sebagaimana lazimnya, pengujian spesimen baja hanya dilakukan dengan tarikan saja, sedang pengujian tekan tidak dilakukan. Tulangan longitudinal dan spiral yang digunakan adalah Baja Tulangan Polos (BJTP) diameter 5,6 mm dan 7,2 mm dengan panjang awal BJTP adalah 800 mm serta pengujian *fine mesh* diameter 4 mm dengan panjang awal *fine mesh* adalah 600 mm. Masing-masing diameter diambil spesimen secara acak. Diameter aktual benda uji BJTP adalah diameter 7,2 mm dan 5,6 mm dengan kuat leleh rata-rata hasil pengujian adalah $f_y = 346,055 \text{ MPa}$ dan diameter 4,7 mm dengan kuat leleh rata-rata hasil pengujian adalah $f_y = 223,12 \text{ MPa}$. Sedangkan

diameter aktual *fine mesh* adalah 4 mm dengan tegangan leleh rata-rata hasil pengujian adalah $f_{yfm} = 470$ MPa. Hasil pengujian tarik tulangan dapat dilihat pada Tabel 4.1. Selengkapnya untuk hasil pengujian dan perhitungan pengujian tarik baja tulangan dan *fine mesh* dapat dilihat pada Lampiran L2.1.

Tabel 4.1 Pengujian tarik baja tulangan dan *fine mesh*

Diameter Pengenal (mm)	Diameter Pengukuran (mm)	Kuat Lelah (MPa)	Kuat Putus (MPa)	Regangan maksimum (%)
8	5,6	342	445	73,06
10	7,2	349	444	52,71
6	4,7	223	310	51,82
<i>fine mesh</i>	4	477	652	-
<i>fine mesh</i>	4	477	652	-
<i>fine mesh</i>	4	541	652	-

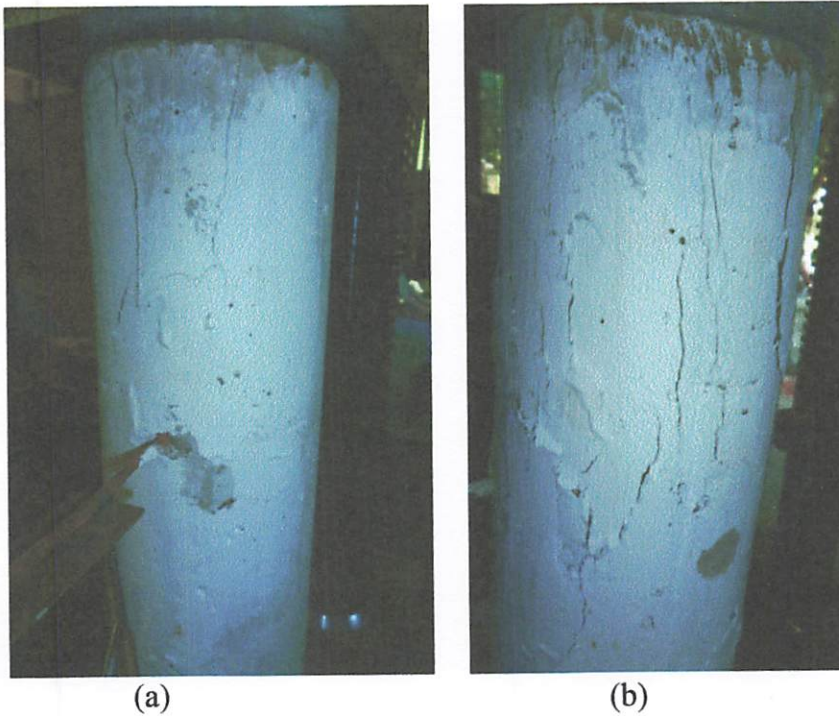
4.2. Hasil Pengujian Tekan Kolom

4.2.1. Kolom Beton Polos (CCP)

➤ Mekanisme Keruntuhan.

Mekanisme keruntuhan kolom CCP-01 diawali dengan terjadinya retak arah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P=10$ ton kemudian lebar retak bertambah seiring dengan dengan penambahan beban tekan P hingga beban puncak. Seperti terlihat dalam Gambar 4.1a, gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak $P = 29$ ton dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun menjadi $P = 22$ ton kemudian kolom pecah karena batas regangan tarik dilampaui. Terlihat juga dalam Gambar 4.1b kehancuran kolom CCP-02 diawali dengan retak arah membelah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P = 10$ ton, gambar ini diambil pada saat beban P telah mencapai beban puncak $P = 28$ ton dan beban tekan tetap diberikan hingga

beban turun menjadi $P = 21$ ton kemudian kolom pecah karena batas regangan tarik dilampaui.



Gambar 4.1. Pengujian Kolom CCP (a) Kolom CCP-01
(b) Kolom CCP-02

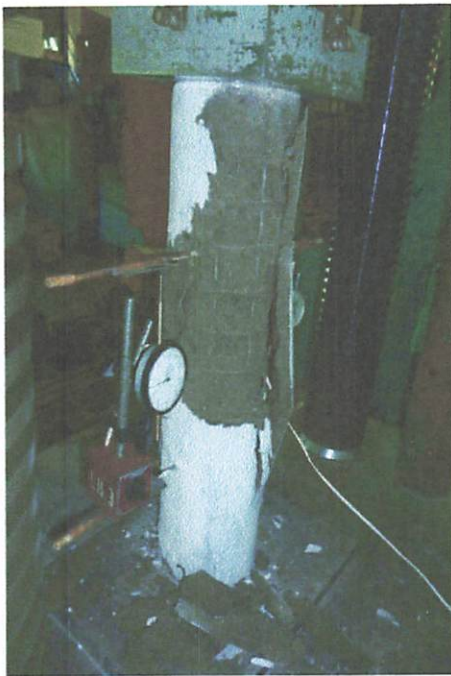
4.2.2. Kolom Beton terkekang Fine Mesh (CCFM)

1. Mekanisme Keruntuhan.

Mekanisme keruntuhan kolom CCFM-01 diawali dengan retak arah membelah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P = 22$ ton, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan dengan penambahan beban tekan P hingga beban puncak. Seperti terlihat dalam Gambar 4.3a, gambar ini diambil pada saat beban P telah melewati beban puncak tapi kolom tetap ditekan hingga beban turun menjadi $P = 52$ ton yang ditandai dengan lepasnya selimut beton, kemudian bagian inti beton mulai pecah karena efek pengekgangan berkurang. Beban tekan tetap diberikan hingga beban turun mencapai $P = 40$ ton dengan

besar displacement adalah mm, setelah itu kolom hancur dengan yang ditandai dengan lelehnya fine mesh hingga bagian inti beton hancur.

Kehancuran kolom CCFM-02 diawali dengan terjadinya retak arah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P=25$ ton kemudian lebar retak bertambah seiring dengan dengan penambahan beban tekan mencapai beban puncak $P = 51$ ton yang ditandai dengan lepasnya selimut beton, kemudian bagian inti beton mulai pecah karena efek pengekanan berkurang. Terlihat dalam Gambar 4.2b, gambar ini diambil pada saat beban P telah melewati beban puncak tapi kolom tetap ditekan hingga beban turun menjadi $P = 39$ ton. displacement adalah 2,31 mm, setelah itu kolom hancur dengan ditandai oleh lelehnya fine mesh hingga bagian inti beton hancur.



(a)



(b)

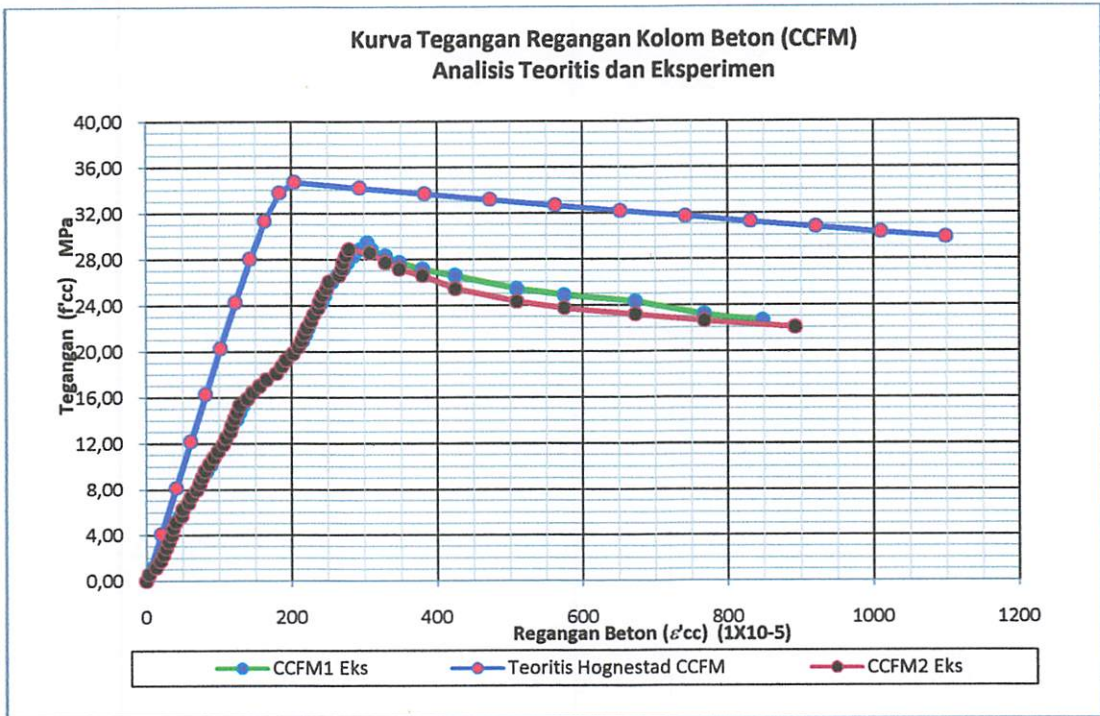
Gambar 4.2. Pengujian Kolom terkekang Fine Mesh (CCFM)

(a) Kolom CCFM-01 (b) Kolom CCFM -02

2. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton

Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan (P) dan besar displacement yang diukur menggunakan alat LVDT sebanyak 2 buah dan dilakukan pembacaan nilai displacement menggunakan alat data logger. Nilai displacement yang dipakai adalah nilai rata-rata dari hasil pembacaan 2 buah LVDT yang dibagi dengan tinggi LVDT mula-mula yaitu $L= 260$ mm untuk memperoleh nilai regangan. Hasil eksperimen dan tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran L4.6.

Kurva tegangan-regangan beton kolom *CCFM* hasil analisa eksperimen dapat digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Lampiran 3 Tabel L4.6-C yaitu angka-angka pada kolom 8 dan kolom 11 diambil dari Gambar L4.6-C, sedangkan kurva tegangan-regangan beton kolom *CCFM* hasil analisa teoritis menurut Mander, dkk. diambil dari Gambar 3.5. Kurva tegangan-regangan beton kolom *CCFM* hasil analisa eksperimen dan teoritis tersebut digabungkan dalam satu gambar seperti terlihat pada Gambar 4.3.

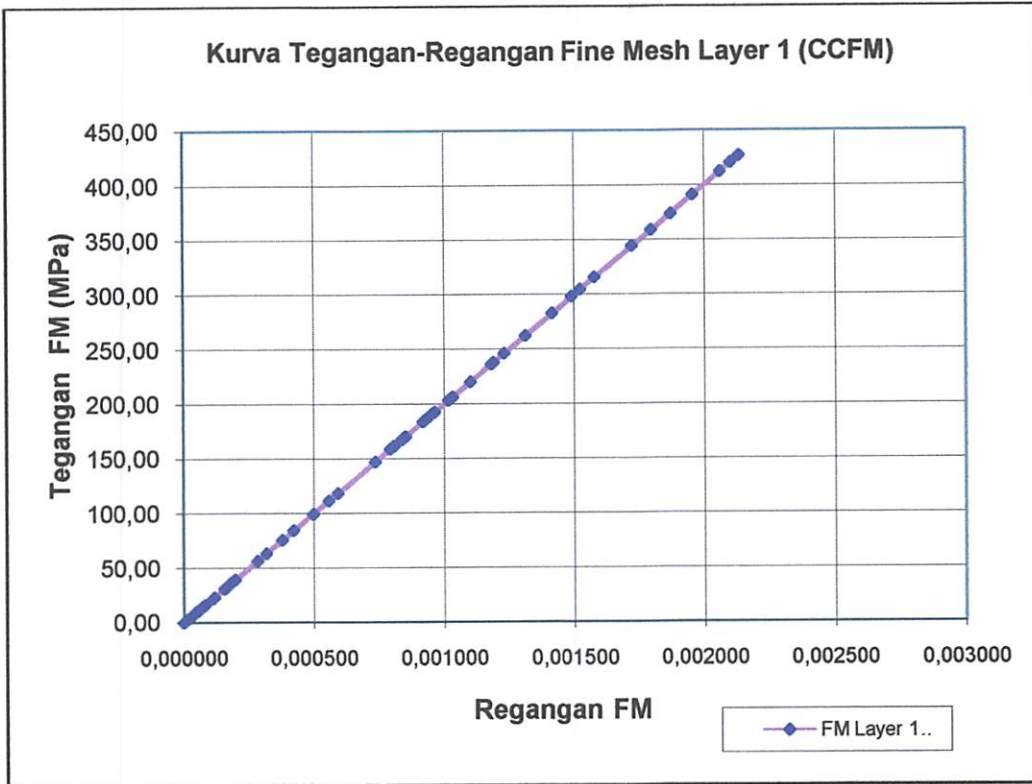


Gambar 4.3. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton terkekang Fine Mesh (CCFM)

Berdasarkan bentuk kurva gabungan dalam Gambar 4.4, terlihat ada perbedaan nilai f'_{cc} , ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu} pada kurva tegangan-regangan beton kolom *CCFM* eksperimen dan teoritis, sehingga rincian perbedaan nilai f'_{cc} , ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu} dapat diuraikan sebagai berikut : kurva hasil analisa eksperimen mempunyai nilai tegangan beton f'_{cc} maksimum sebesar 28,9889 MPa sedangkan f'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 34,7285 MPa sehingga terdapat perbedaan kuat tekan sebesar 16,524 %. Nilai regangan beton ϵ'_{cc} hasil analisa eksperimen sebesar 0,0031 sedangkan ϵ'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 0,0020 atau mengalami penurunan sebesar 49,919 %. Nilai regangan beton ultimit ϵ'_{cu} hasil analisa eksperimen sebesar 0,0083 sedangkan ϵ'_{cu} hasil analisa teoritis sebesar 0,0110 atau mengalami peningkatan sebesar 24,563 %. Dapat disimpulkan bahwa pengekangan kolom dengan *fine mesh* (analisa eksperimen) mempunyai daktilitas yang lebih baik dibanding pengekangan kolom dengan *tulangan spiral BJTP* (analisa teoritis) karena terjadi displacement yang besar sebelum beton kolom pecah. Kurva hasil eksperimen mempunyai kemiringan sudut kurva naik yang lebih kecil dari kurva hasil analisis teoritis, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kecepatan pemberian beban yang lebih lambat dari standar *ASTM C39* sebesar 0,35 MPa/detik dan tidak dilakukannya kalibrasi alat *UTM* sesuai batas waktu maksimum yaitu 12 bulan. Tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 4 Tabel L4.6.

3. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Fine Mesh Layer 1

Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan (P) dan besar regangan *fine mesh* yang diukur menggunakan *strain gauge* dengan pembacaan nilai regangan menggunakan alat data logger. Hasil data eksperimental yang digunakan untuk penggambaran kurva tegangan-regangan *fine mesh* layer 1 kolom *CCFM* terdapat pada lampiran 4 Tabel L4.6D yaitu kolom 12 dan 18 diambil dari Gambar L4.6.2, seperti terlihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4. Kurva Tegangan-Regangan Fine Mesh Layer 1 (CCFM)

Mengacu pada Gambar 4.5a terlihat bahwa regangan *fine mesh* layer 1 (lapisan dalam) regangan leleh *fine mesh* $\epsilon_{yfm} = 0,00042$ kemudian regangan bertambah besar memasuki daerah plastis hingga mencapai $\epsilon_{sh} = 0,00149$. Tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 4 Tabel L4.6D.

4.2.3. Kolom Beton terkekang Tulangan Spiral (CCS)

1. Mekanisme Keruntuhan.

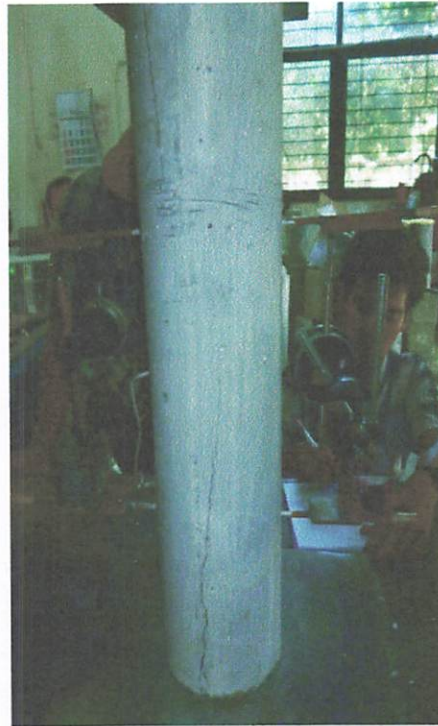
Mekanisme keruntuhan kolom CCS-01 diawali dengan retak arah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P = 19$ ton, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan dengan penambahan beban tekan P hingga beban puncak. Seperti terlihat dalam Gambar 4.5a, gambar ini diambil pada saat beban P telah mencapai beban puncak $P = 52$ ton yang ditandai dengan lepasnya selimut beton, kemudian bagian inti beton mulai pecah karena efek pengekgangan

berkurang. Beban tekan tetap diberikan hingga beban turun mencapai $P = 39$ ton.

Pengujian kolom CCS-02 terlihat dalam Gambar 4.5b, kolom CCS-02 diawali dengan retak arah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P = 17$ ton, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan dengan penambahan beban tekan P hingga beban puncak. Seperti terlihat dalam Gambar 4.5a, gambar ini diambil pada saat beban P telah mencapai beban puncak $P = 50$ ton yang ditandai dengan lepasnya selimut beton, kemudian bagian inti beton mulai pecah karena efek pengekanan berkurang. Beban tekan tetap diberikan hingga beban turun mencapai $P = 37$ ton.



(a)



(b)

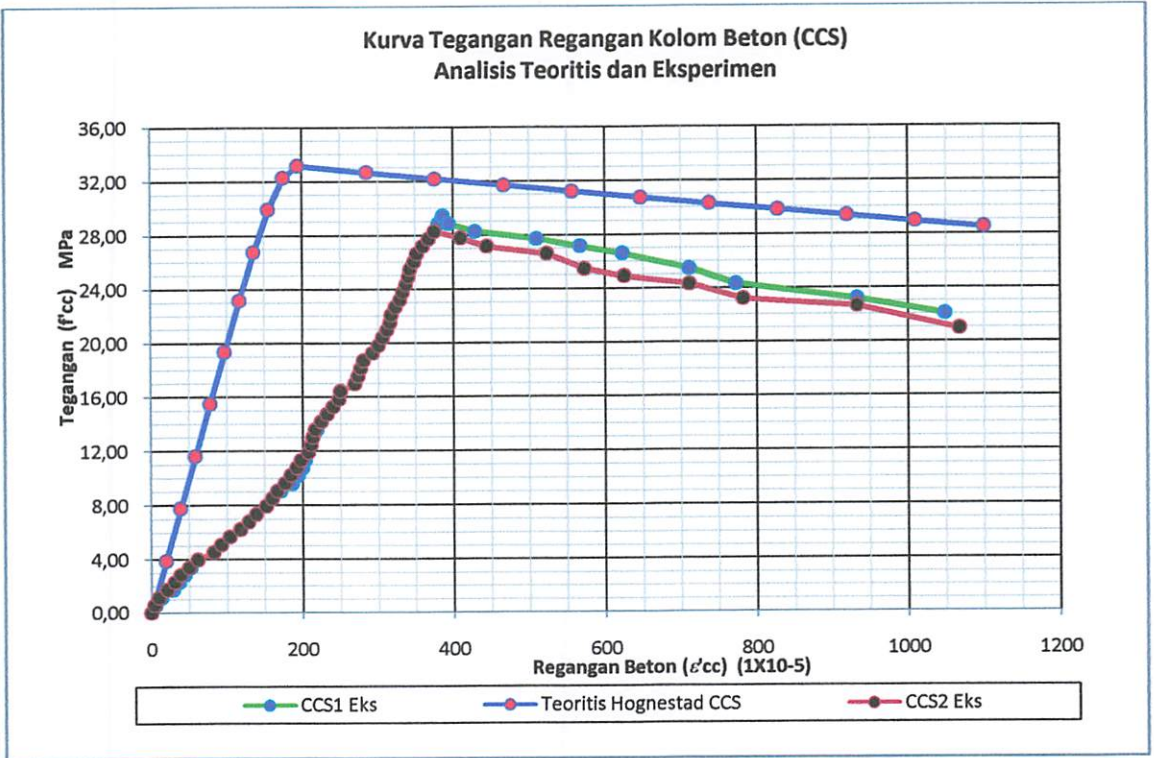
Gambar 4.5. Pengujian Kolom terkekang Tulangan Spiral (CCS)

(a) Kolom CCS-01 (b) Kolom CCS-02

2. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton

Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan (P) dan besar displacement yang diukur menggunakan alat LVDT sebanyak 2 buah dan dilakukan pembacaan nilai displacement menggunakan alat data logger. Nilai displacement yang dipakai adalah nilai rata-rata dari hasil pembacaan 2 buah LVDT yang dibagi dengan tinggi LVDT mula-mula yaitu L= 600 mm untuk memperoleh nilai regangan.

Kurva tegangan-regangan beton kolom CCS hasil analisa eksperimen digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Lampiran 4 Tabel L4.5D yaitu angka-angka pada kolom 10 dan kolom 14 diambil dari Gambar 4.5.4, sedangkan kurva tegangan-regangan beton kolom CCS hasil analisa teoritis menurut Mander, dkk. diambil dari Gambar 3.6. Kurva tegangan-regangan beton kolom CCS hasil analisa eksperimen dan teoritis tersebut digabungkan dalam satu gambar seperti terlihat pada Gambar 4.6.

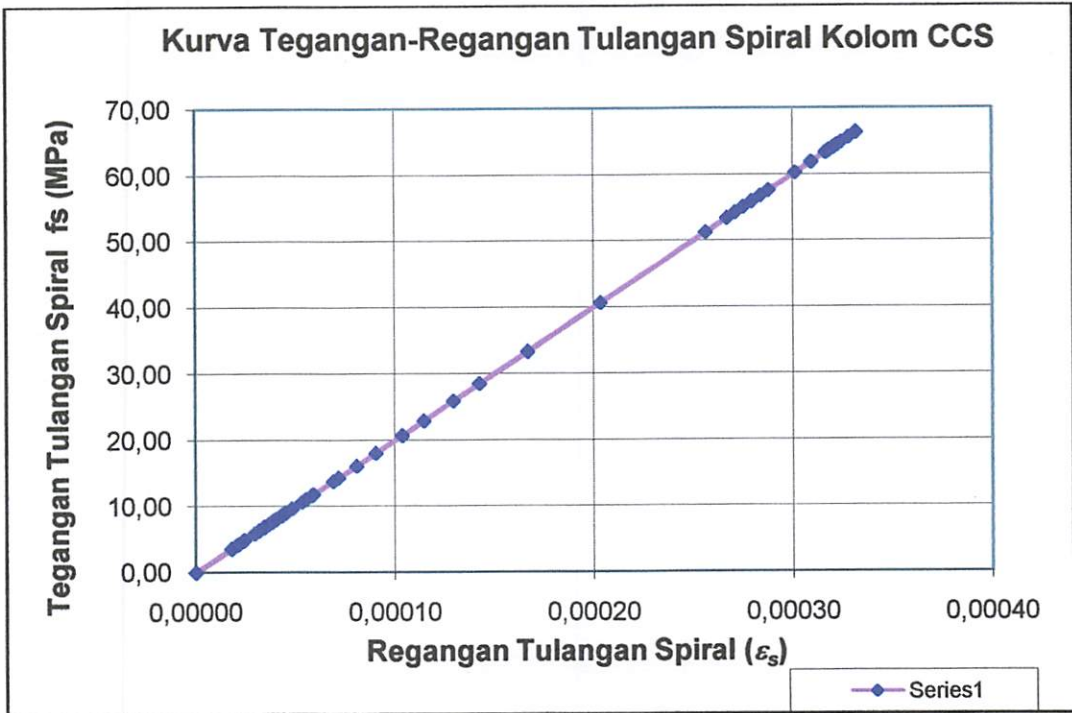


Gambar 4.6. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton terkekang Tulangan Spiral (CCS)

Berdasarkan bentuk kurva gabungan dalam Gambar 4.6, terlihat ada perbedaan nilai f'_{cc} , ε'_{cc} dan ε'_{cu} pada kurva tegangan-regangan beton kolom CCS eksperimen dan teoritis, sehingga rincian perbedaan nilai f'_{cc} , ε'_{cc} dan ε'_{cu} dapat diuraikan sebagai berikut : kurva hasil analisa eksperimen mempunyai nilai tegangan beton f'_{cc} maksimum sebesar 28,311 MPa sedangkan f'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 32,6581 MPa sehingga terdapat perbedaan kuat tekan sebesar 13,311 %. Nilai regangan beton ε'_{cc} hasil analisa eksperimen sebesar 0,0040 sedangkan ε'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 0,0029 atau mengalami penurunan sebesar sebesar 38,544 %. Nilai regangan beton ultimit ε'_{cu} hasil analisa eksperimen sebesar 0,0092 sedangkan ε'_{cu} hasil analisa teoritis sebesar 0,0110 atau mengalami peningkatan sebesar 16,346 %. Dapat dikatakan bahwa kurva tegangan-regangan hasil eksperimen mempunyai nilai regangan yang lebih besar sebelum terjadi keruntuhan kolom, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen mempunyai daktilitas yang lebih baik. Kurva hasil eksperimen mempunyai kemiringan sudut kurva naik yang lebih kecil dari kurva hasil analisis teoritis, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kecepatan pemberian beban yang lebih lambat dari standar *ASTM C39* sebesar 35 MPa/detik, terjadi kebocoran oli pada mesin pompa alat tekan *UTM* dan tidak dilakukannya kalibrasi alat *UTM* sesuai batas waktu maksimum yaitu 12 bulan. Tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 4 Tabel L4.5.

3. *Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Baja Tulangan*

Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan (P) dan besar regangan *tulangan spiral* yang diukur menggunakan *strain gauge* dengan pembacaan nilai regangan menggunakan alat data logger. Hasil data eksperimental yang digunakan untuk penggambaran kurva tegangan-regangan *tulangan spiral* kolom CCS terdapat pada lampiran 4 Tabel L4.5D yaitu kolom 11 dan 15 diambil dari Gambar L4.5.4, seperti terlihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.7. Kurva Tegangan-Regangan Tulangan Spiral

Pada saat beban tekan maksimum $P = 52$ ton nilai regangan tulangan spiral sebesar $\epsilon_s = 0,000317$, seperti terlihat pada Gambar 4.8 kemudian regangan bertambah besar hingga mencapai $\epsilon_{sh} = 0,000332$, selanjutnya terjadi lompatan beban tekan hingga turun mencapai $P = 39$ ton. Tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 4 Tabel L4.5D.

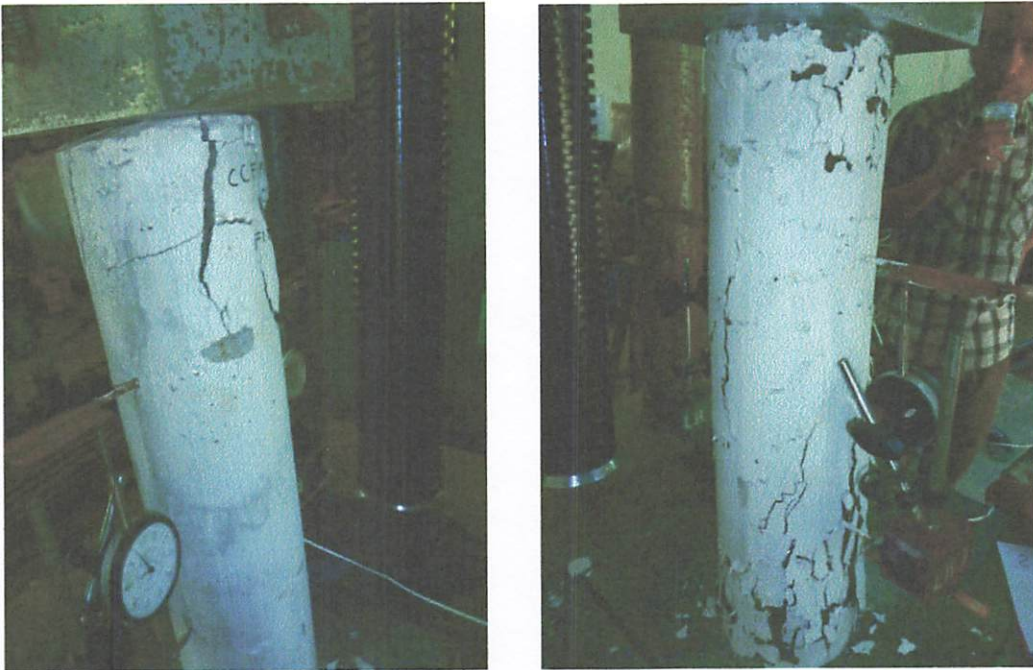
4.2.4. Kolom Beton Terkekang Tulangan Spiral Yang Dibungkus Fine Mesh (CCFMS(A))

1. Mekanisme Keruntuhan.

Mekanisme keruntuhan kolom CCFMS-01 diawali dengan retak arah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P = 26$ ton, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan dengan penambahan beban tekan P hingga beban puncak. Seperti terlihat dalam Gambar 4.9a, gambar ini diambil pada saat beban P telah mencapai beban puncak $P = 49,2$ ton yang ditandai dengan lepasnya

selimut beton, kemudian bagian inti beton mulai pecah karena efek pengekan berkurang. Beban tekan tetap diberikan hingga beban turun mencapai $P = 38$ ton.

Pengujian kolom CCFMS-02 terlihat dalam Gambar 4.9b, kolom CCFMS-02 beban maksimum hanya mencapai $P = 49,5$ ton dan masih dibawah beban tekan puncak teoritis $P = 72,44$ ton. Awal terjadinya retak kolom CCFMS-02 pada saat beban mencapai $P = 26$ ton kemudian lebar retak bertambah seiring dengan dengan penambahan beban tekan mencapai beban $P = 39$ ton kemudian pengujian dihentikan.



(a)

(b)

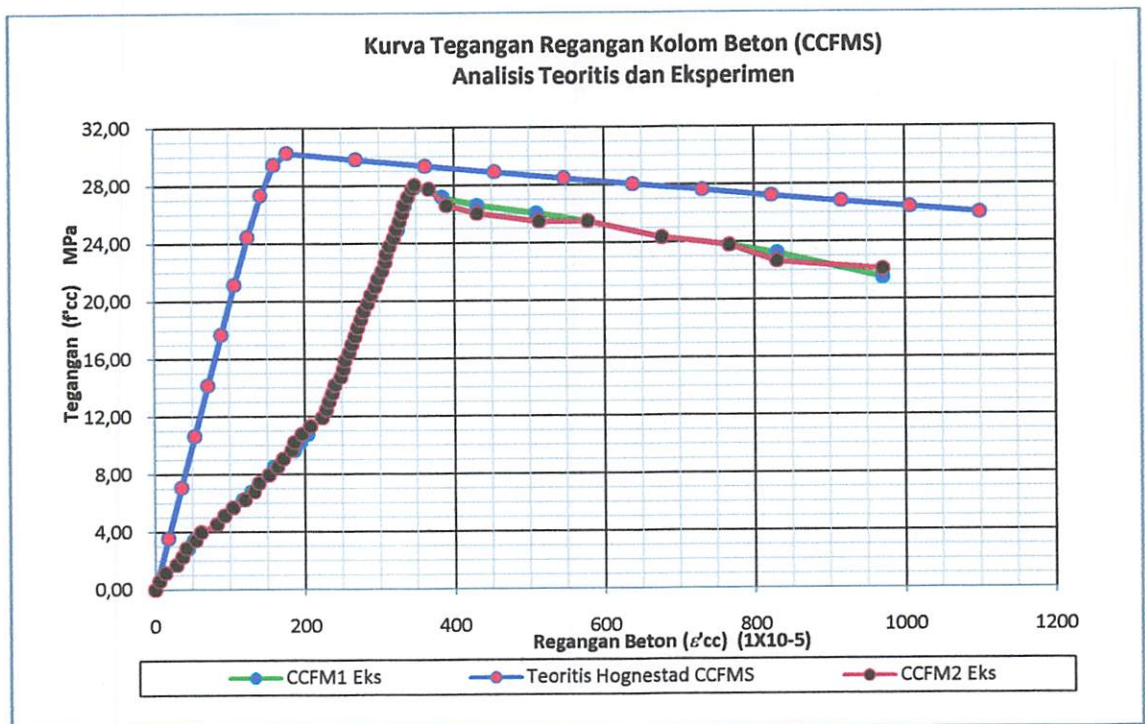
Gambar 4. 8. Pengujian kolom terkekang tulangan spiral yang dibungkus fine mesh (CCFMS) (a) Kolom CCFMS-01 (b) Kolom CCFMS-02

2. *Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton*

Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan (P) dan besar displacement yang diukur menggunakan alat LVDT sebanyak 2 buah dan dilakukan pembacaan nilai displacement menggunakan alat data logger. Nilai displacement yang dipakai adalah nilai rata-rata dari hasil pembacaan 2 buah

LVDT yang dibagi dengan tinggi LVDT mula-mula yaitu $L = 260$ mm untuk memperoleh nilai regangan.

Kurva tegangan-regangan beton kolom *CCFMS* hasil analisa eksperimen digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Lampiran 4 Tabel L4.7-C yaitu angka-angka pada kolom 8 dan kolom 11 diambil dari Gambar L4.7-C, sedangkan kurva tegangan-regangan beton kolom *CCFMS* hasil analisa teoritis menurut Mander, dkk. diambil dari Gambar 3.7. Kurva tegangan-regangan beton kolom *CCFMS* hasil analisa eksperimen dan teoritis tersebut digabungkan dalam satu gambar seperti terlihat pada Gambar 4.9.



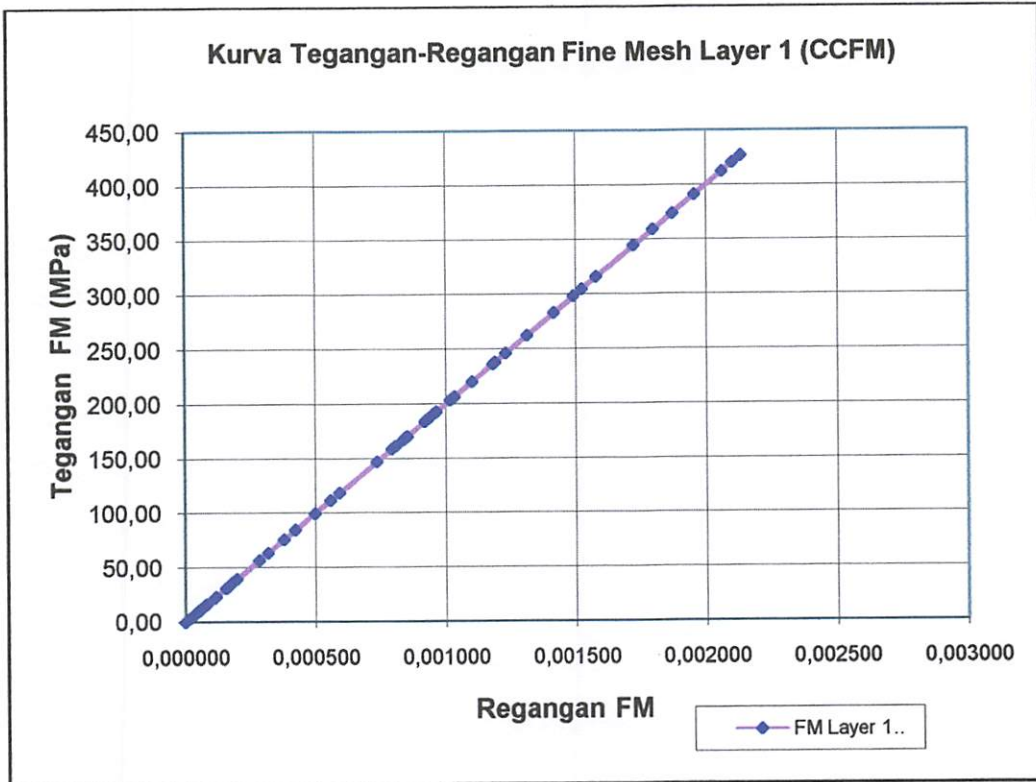
Gambar 4.9. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton terkekang Tulangan Spiral yang diberi lapisan fine mesh (CCFMS)

Berdasarkan bentuk kurva gabungan dalam Gambar 4.9, terlihat ada perbedaan nilai f'_{cc} , ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu} pada kurva tegangan-regangan beton kolom *CCFMS* eksperimen dan teoritis, sehingga rincian perbedaan nilai f'_{cc} , ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu} dapat diuraikan sebagai berikut : kurva hasil analisa eksperimen mempunyai nilai tegangan beton f'_{cc} maksimum sebesar 27,9152 MPa sedangkan f'_{cc} hasil

analisa teoritis sebesar 30,2342 MPa sehingga terdapat perbedaan kuat tekan sebesar 7,670 %. Nilai regangan beton ε'_{cc} hasil analisa eksperimen sebesar 0,0035 sedangkan ε'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 0,0018 atau mengalami peningkatan sebesar 96,032 %. Nilai regangan beton ultimit ε'_{cu} hasil analisa eksperimen sebesar 0,0097 sedangkan ε'_{cu} hasil analisa teoritis sebesar 0,011 atau mengalami penurunan sebesar 11,713 %. Dapat dikatakan bahwa kurva tegangan-regangan hasil eksperimen mempunyai nilai regangan yang lebih besar sebelum terjadi keruntuhan kolom, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen mempunyai daktilitas yang lebih baik. Kurva hasil eksperimen mempunyai kemiringan sudut kurva naik yang lebih kecil dari kurva hasil analisis teoritis, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kecepatan pemberian beban yang lebih lambat dari standar *ASTM C39* sebesar 35 MPa/detik, terjadi kebocoran oli pada mesin pompa alat tekan *UTM* dan tidak dilakukannya kalibrasi alat *UTM* sesuai batas waktu maksimum yaitu 12 bulan. Tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 4 Tabel L4.6.

3. *Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Fine Mesh Layer 1*

Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan (P) dan besar regangan *fine mesh* yang diukur menggunakan *strain gauge* dengan pembacaan nilai regangan menggunakan alat data logger. Hasil data eksperimen yang digunakan untuk penggambaran kurva tegangan-regangan *fine mesh layer 1* kolom *CCFM* terdapat pada lampiran 4 Tabel L4.6D yaitu kolom 12 dan 18 diambil dari L4.6.3, seperti terlihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Kurva Tegangan-Regangan Fine Mesh Layer 1

Pada saat beban tekan maksimum $P = 22$ ton nilai regangan *fine mesh* layer 1 (lapisan dalam) sebesar $\epsilon_s = 0,00042$, kemudian regangan bertambah besar memasuki daerah plastis hingga mencapai $\epsilon_{sh} = 0,00149$, selanjutnya terjadi lompatan beban tekan hingga turun mencapai $P = 40$ ton. Tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 4 Tabel L4.6D.

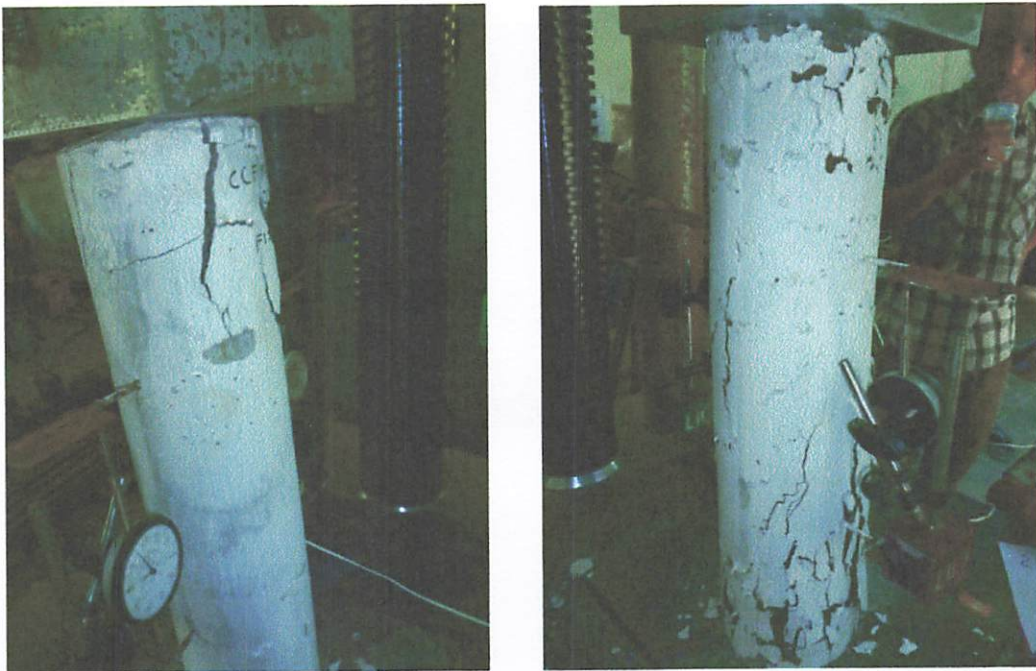
4.2.5. Kolom Beton Terkekang Tulangan Spiral Yang Diretrofiting Fine Mesh (CCFMS(B))

1. Mekanisme Keruntuhan.

Mekanisme keruntuhan kolom CCFMS(B)-01 diawali dengan retak arah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P = 26$ ton, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan dengan penambahan beban tekan P hingga beban puncak. Seperti terlihat dalam Gambar 4.9a, gambar ini diambil pada saat

beban P telah mencapai beban puncak $P = 50$ ton yang ditandai dengan lepasnya selimut beton, kemudian bagian inti beton mulai pecah karena efek pengekan berkurang. Beban tekan tetap diberikan hingga beban turun mencapai $P = 38$ ton.

Pengujian kolom CCFMS(B)-02 terlihat dalam Gambar 4.9b, kolom CCFMS(B)-02 beban maksimum hanya mencapai $P = 49,5$ ton dan masih dibawah beban tekan puncak teoritis $P = 72,44$ ton. Awal terjadinya retak kolom CCFMS(B)-02 pada saat beban mencapai $P = 26$ ton, lebar retak bertambah seiring dengan dengan penambahan beban tekan.



(a)

(b)

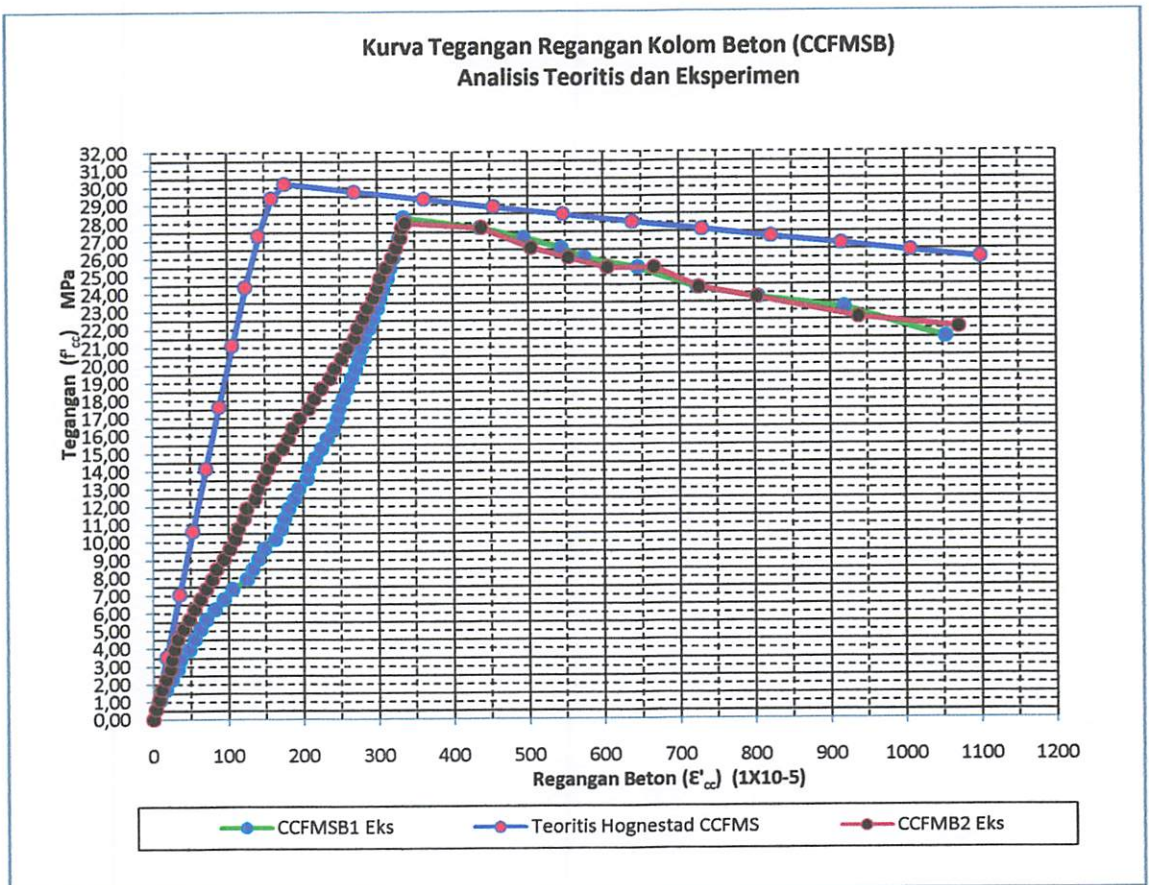
Gambar 4. 11. Pengujian kolom terkekang tulangan spiral yang dibungkus fine mesh (CCFMS) (a) Kolom CCFMS-01 (b) Kolom CCFMS-02

2. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton

Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan (P) dan besar displacement yang diukur menggunakan alat LVDT sebanyak 2 buah dan dilakukan pembacaan nilai displacement menggunakan alat data logger. Nilai displacement yang dipakai adalah nilai rata-rata dari hasil pembacaan 2 buah

LVDT yang dibagi dengan tinggi LVDT mula-mula yaitu $L = 260 \text{ mm}$ untuk memperoleh nilai regangan.

Kurva tegangan-regangan beton kolom *CCFMS* hasil analisa eksperimen digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Lampiran 4 Tabel L4.7-C yaitu angka-angka pada kolom 8 dan kolom 11 diambil dari Gambar L4.7-C, sedangkan kurva tegangan-regangan beton kolom *CCFMS* hasil analisa teoritis menurut Mander, dkk. diambil dari Gambar 3.7. Kurva tegangan-regangan beton kolom *CCFMS* hasil analisa eksperimen dan teoritis tersebut digabungkan dalam satu gambar seperti terlihat pada Gambar 4.9.



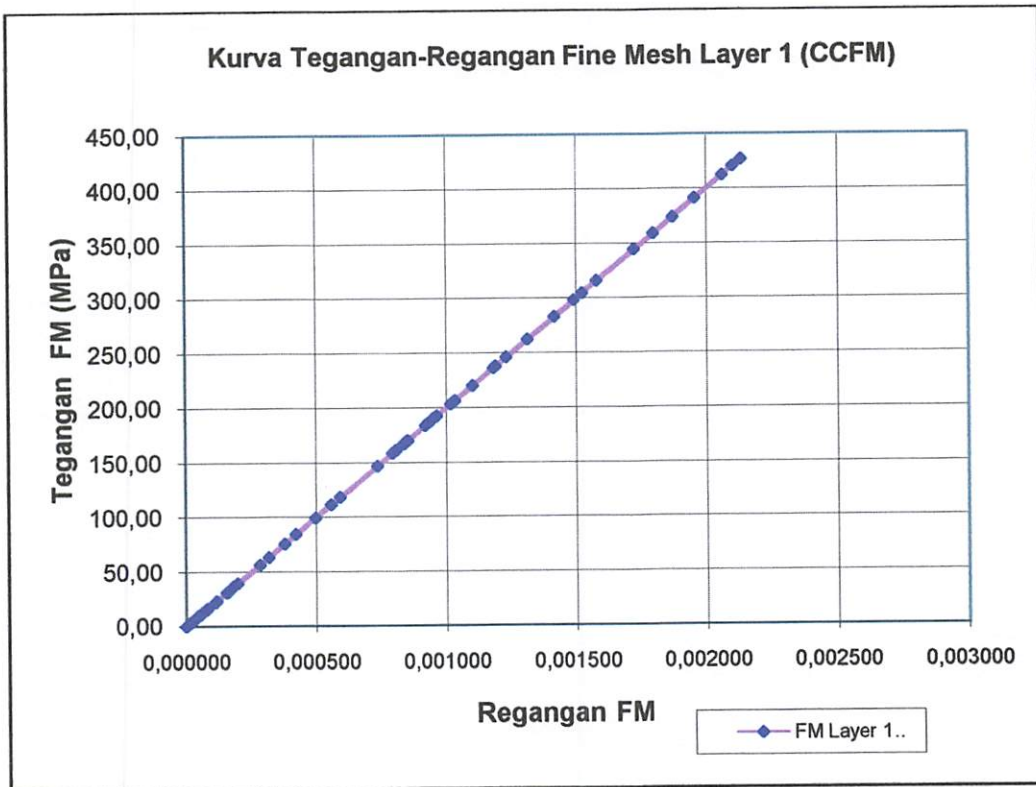
Gambar 4.12. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton terkekang Tulangan Spiral yang diberi lapisan fine mesh (CCFMS(B))

Berdasarkan bentuk kurva gabungan dalam Gambar 4.9, terlihat ada perbedaan nilai f'_{cc} , ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu} pada kurva tegangan-regangan beton kolom *CCFMS(B)* eksperimen dan teoritis, sehingga rincian perbedaan nilai f'_{cc} , ϵ'_{cc}

dan ε'_{cu} dapat diuraikan sebagai berikut : kurva hasil analisa eksperimen mempunyai nilai tegangan beton f'_{cc} maksimum sebesar 28,1414 MPa sedangkan f'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 30,2342 MPa sehingga terdapat perbedaan kuat tekan sebesar 6,922 %. Nilai regangan beton ε'_{cc} hasil analisa eksperimen sebesar 0,00336 sedangkan ε'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 0,0018 atau mengalami peningkatan sebesar 88,9918 %. Nilai regangan beton ultimit ε'_{cu} hasil analisa eksperimen sebesar 0,01063 sedangkan ε'_{cu} hasil analisa teoritis sebesar 0,0110 atau mengalami penurunan sebesar 3,409 %. Dapat dikatakan bahwa kurva tegangan-regangan hasil eksperimen mempunyai nilai regangan yang lebih besar sebelum terjadi keruntuhan kolom, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen mempunyai daktilitas yang lebih baik. Kurva hasil eksperimen mempunyai kemiringan sudut kurva naik yang lebih kecil dari kurva hasil analisis teoritis, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kecepatan pemberian beban yang lebih lambat dari standar *ASTM C39* sebesar 35 MPa/detik, terjadi kebocoran oli pada mesin pompa alat tekan *UTM* dan tidak dilakukannya kalibrasi alat *UTM* sesuai batas waktu maksimum yaitu 12 bulan. Tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 4 Tabel L4.6.

3. *Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Fine Mesh Layer 1*

Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan (P) dan besar regangan *fine mesh* yang diukur menggunakan *strain gauge* dengan pembacaan nilai regangan menggunakan alat data logger. Hasil data eksperimental yang digunakan untuk penggambaran kurva tegangan-regangan *fine mesh layer 1* kolom *CCFM* terdapat pada lampiran 4 Tabel L4.6D yaitu kolom 12 dan 18 diambil dari L4.6.3, seperti terlihat pada Gambar 4.10.



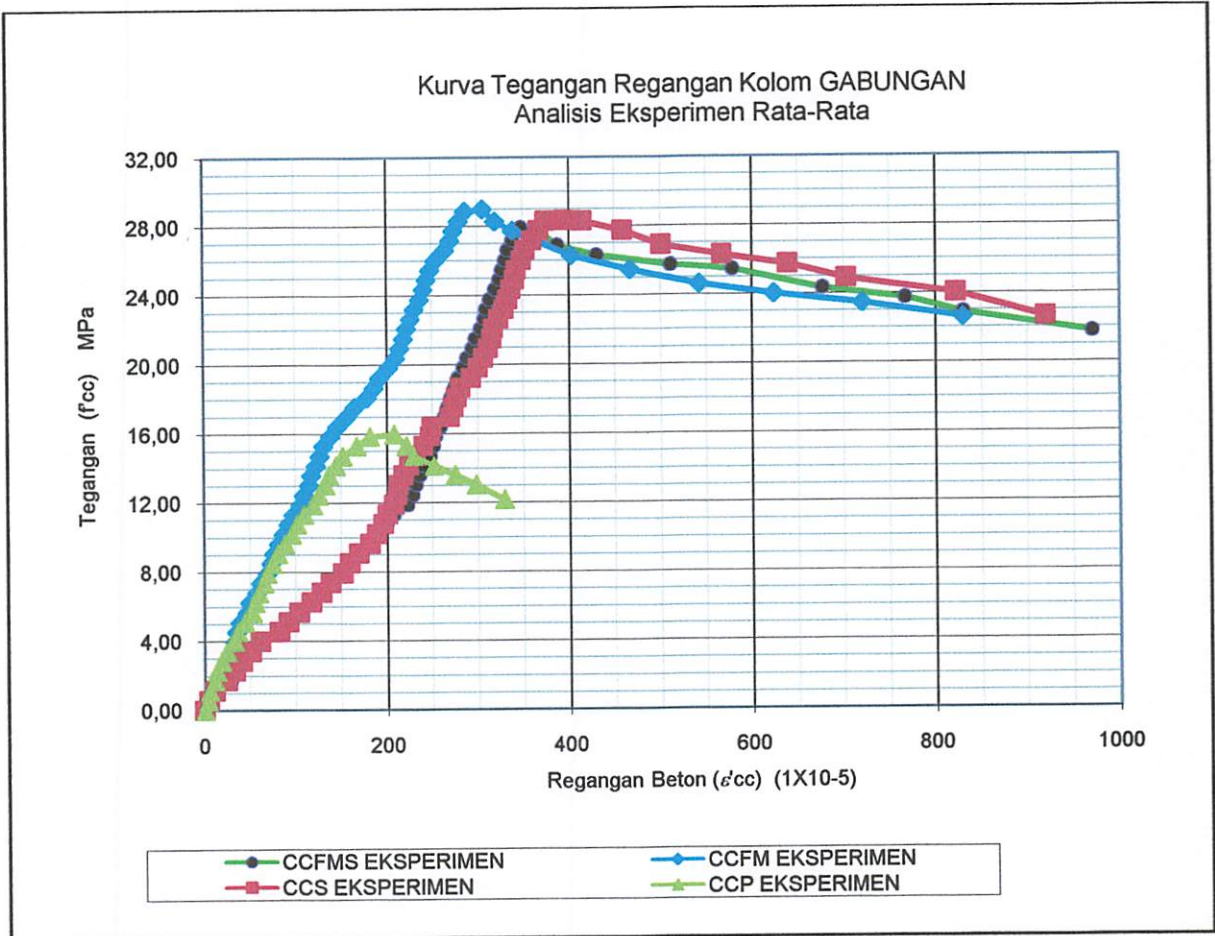
Gambar 4.13. Kurva Tegangan-Regangan Fine Mesh Layer 1

Pada saat beban tekan maksimum $P = 22$ ton nilai regangan *fine mesh* layer 1 (lapisan dalam) sebesar $\varepsilon_s = 0,00042$, kemudian regangan bertambah besar memasuki daerah plastis hingga mencapai $\varepsilon_{sh} = 0,00149$, selanjutnya terjadi lompatan beban tekan hingga turun mencapai $P = 40$ ton. Tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 4 Tabel L4.6D.

4.2.6. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton Gabungan 4 Kolom

Terlihat pada Gambar 4.11. kurva tegangan-regangan hasil eksperimen kolom beton polos (CCP) mempunyai nilai tegangan-regangan yang paling kecil, sedangkan kolom beton yang terkekang fine mesh (CCFM) terjadi peningkatan tegangan beton (f'_{cc}), regangan beton terkekang (ε'_{cc}) dan regangan beton ultimit (ε'_{cu}). Pada kurva tegangan-regangan beton pada kolom yang terkekang tulangan spiral (CCS), kolom

yang terkekang tulangan spiral BJTP yang dibungkus (CCFMS(A)) dan kolom yang terkekang tulangan spiral BJTP yang di retrofiting (CCFMS(B)) terlihat terjadi penurunan tegangan beton yang lebih besar, sedangkan regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) relatif sama dengan regangan beton kolom CCFM.



Gambar 4.14 Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton Analisa Data Eksperimen

Tabel 4.2. Hasil tegangan-regangan analisa eksperimen

No.	Tipe Kolom	ρ_s	Eksperimen			Perbedaan (%)		
			f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}	f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}
1	CCP	0	15,97980	0,00208	0,00329	0	0	0
2	CCFM	0,0174	28,98990	0,00306	0,00830	44,88	32,08	60,37
3	CCS	0,0320	28,31111	0,00395	0,00920	-2,40	22,63	9,82
4	CCFMS(A)	0,027	27,91515	0,00348	0,00971	1,40	11,92	-5,54
5	CCFMS(B)	0,027	28.14141	0.00336	0.01063	0.599401	15.0851	-15.465

Dari hasil analisa eksperimen pada Tabel 4.3 di atas, terlihat bahwa :

1. Kolom yang terkekang *fine mesh* (CCFM) menunjukkan efektifitas pengekangan yang baik dibanding kolom beton polos (CCP) yang mana mengalami peningkatan kuat tekan (f'_{cc}) sebesar 44,88 %, regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) meningkat sebesar 32,08 % dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) meningkat sebesar 60,37 %.
2. Kolom beton yang terkekang *tulangan spiral BJTP* yang dibungkus *fine mesh* (CCFMS(A)) mempunyai rasio tulangan transversal (ρ_s) berbeda 15,625 % dari kolom CCS, memiliki efektifitas pengekangan yang hampir sama dengan kolom beton yang terkekang *tulangan spiral BJTP* (CCS), yang mana kuat tekan (f'_{cc}) kolom (CCFMS) berbeda 1,4 % dari kolom CCS, regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) kolom CCFMS berbeda 11,92 % dari kolom CCS, sedangkan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) kolom CCFMS berbeda 5,54 % dari kolom CCS.
3. Kolom beton yang terkekang *tulangan spiral BJTP* yang di retrofiting *fine mesh* (CCFMS(B)) mempunyai rasio tulangan transversal (ρ_s) berbeda 18,5185 % dari kolom CCS, memiliki efektifitas pengekangan yang hampir sama dengan kolom beton yang terkekang *tulangan spiral BJTP* (CCS), yang mana kuat tekan (f'_{cc}) kolom (CCFMS(B)) berbeda 0,5994 % dari kolom CCS, regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) kolom (CCFMS(B)) berbeda 15,0852 % dari kolom CCS, sedangkan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) kolom (CCFMS(B)) berbeda 15,465 % dari kolom CCS.

4.3. Bukti Hipotesa Hasil Analisa

Tabel 4.3. Validasi hasil analisa teoritis dan eksperimen

No.	Tipe Kolom	Analisa Teoritis			Analisa Eksperimen		
		f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}	f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}
1	CCP	17,9670	0,0018	0,0031	15,9798	0,0021	0,0033
2	CCFM	34,7285	0,0020	0,0110	28,9899	0,0031	0,0083
3	CCS	32,6581	0,0029	0,0110	28,3111	0,0040	0,0092
4	CCFMS	30,2342	0,0018	0,0110	27,9152	0,0035	0,0097
5	CCFMSB	30,2342	0,0018	0,0110	28,14141	0,00336	0,01063

Berdasarkan hasil analisa teoritis dan analisa eksperimen pada Tabel 4.3 di atas, terlihat bahwa :

1. Kolom CCFM hasil analisa eksperimen terhadap analisa teoritis untuk kuat tekan (f'_{cc}) berbeda sebesar 16,524%, regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) berbeda sebesar 49,919 % dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda sebesar 24,563 %.
2. Kolom CCS hasil analisa eksperimen terhadap analisa teoritis untuk kuat tekan (f'_{cc}) berbeda sebesar 13,311 % , regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) berbeda sebesar 38,544 % dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda sebesar 16,346 %.
3. Kolom CCFMS(A) hasil analisa eksperimen terhadap analisa teoritis untuk kuat tekan (f'_{cc}) berbeda sebesar 7,670 % , regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) berbeda sebesar 96,032 % dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda sebesar 11,713 %.
4. Kolom CCFMS(B) hasil analisa eksperimen terhadap analisa teoritis untuk kuat tekan (f'_{cc}) berbeda sebesar 6,922 % , regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) berbeda sebesar 88,992 % dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda sebesar 3,41 %.
5. Dari uraian di atas kolom CCFM, SSC ,CCFMS(A), dan CCFMS(B) seiring dengan peningkatan ρ_s -nya menunjukkan peningkatan daktilitas secara proporsional.
6. Dari hasil eksperimen terlihat kuat tekan kolom beton (f'_{cc}) mengalami sedikit penurunan tapi penurunan kuat tekan beton tersebut tidak terlalu mempengaruhi kekuatan kolom karena kekuatan kolom diawali oleh tulangan bukan oleh beton.

Regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) mempunyai nilai yang relatif sama, tapi nilai regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) peningkatan yang cukup besar bila dibandingkan dengan analisis teoritis, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen mempunyai daktilitas yang baik dan fine mesh cukup aman digunakan sebagai pengekang kolom beton.

7. Dari uraian di atas dapat disimpulkan pula bahwa berturut-turut f'_{cc} dan ϵ'_{cc} hasil eksperimen ternyata perbedaan rata-rata lebih kecil dari 20 % dan ϵ'_{cu} rata-rata kurang dari 100 % dari hasil teoritis, maka rumus yang diusulkan oleh Mander, dkk. aman dipakai untuk kolom beton yang terkekang menggunakan *fine mesh*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian efektifitas fine mesh Ø 4-50 apabila digunakan sebagai bahan retrofitting kolom bulat beton bertulang memberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengekang yang menggunakan fine mesh Ø 4-50 secara keseluruhan maupun berpadu dengan spiral lain sebagai pengekang menghasilkan efektifitas yang efektif, di mana perbedaan hasil teoritis dan eksperimen tidak terlalu jauh yaitu 1-6 MPa. Dan rasio penulangan serta hasil f'_{cc} nya mendekati kolom beton terkekang tulangan spiral BJTP.
2. Efektifitas fine mesh Ø 4-50 sebagai pengekang keseluruhan kolom maupun berpadu dengan spiral lain sebagai pengekang efektif karena f'_{cc} , \mathcal{E}_{cc} , dan \mathcal{E}_{cu} CCFMS(A) (tulangan spiral BJTP yang dibungkus lapisan fine mesh) terjadi penurunan kurang dari 15% dari kolom CCS (beton terkekang tulangan spiral BJTP)
3. Efektifitas tulangan spiral BJTP yang di-retrofit lapisan fine mesh Ø 4-50 sebagai pengekang (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan spiral BJTP efektif karena f'_{cc} , \mathcal{E}_{cc} , dan \mathcal{E}_{cu} CCFMS(B) (tulangan spiral BJTP yang di-retrofit lapisan fine mesh) terjadi penurunan kurang dari 15% dari kolom CCS (beton terkekang tulangan spiral BJTP).
4. Perbedaan tulangan spiral yang diberi lapisan fine mesh (CCFMS(A)), tulangan spiral yang di-retrofit lapisan fine mesh (CCFMS(B)) adalah f'_{cc} sebesar 0,80 %, \mathcal{E}_{cc} sebesar 3,72%, dan \mathcal{E}_{cu} sebesar 8,60%.
5. Model trend kurva hasil teoritis dan eksperimen tulangan spiral yang diberi lapisan fine mesh (CCFMS) dan kolom beton yang dikekang tulangan

spiral (CCS) juga berbentuk hampir sama seperti kurva tegangan-regangan usulan Mander,dkk.

6. Pada kurva menanjak teoritis dan eksperimental terlihat sangat berbeda, kurva eksperimental lebih rendah mungkin ini disebabkan karena pada saat pengetesan, akurasi alat tekan, kedudukan benda uji, dan tingkat muatan belum sesuai dengan yang ditentukan oleh *ASTM C39*.

5.2. Saran

1. Memperbanyak variasi tulangan dan jumlah benda uji.
2. Menambah ketersediaan fasilitas laboratorium di lingkup kampus ITN malang , sehingga mempermudah proses penelitian.
3. Perlu diadakannya penelitian lanjutan dengan memperhitungkan permodelan bentuk sebelum dilaksanakan penelitian.

5.3. Saran Praktisi

1. Penambahan lantai bangunan gedung lama, dapat dipergunakan di kolom dengan cara pengupasan selimut beton kemudian dililit dengan fine mesh.
2. Pembuatan bangunan gedung baru, dapat dipergunakan untuk value Engginering dengan cara penggantian diameter tulangan kolom menjadi lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Commite 318, 2005, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318-05), New York : American Concrete Institute.**
- Ahmad S. H., dan Shah S.P., 1982, Stress-Strain Curves of Concrete Confined by Spiral Reinforcement, ACI Structural Journal, Vol 79, No. 6 hal 484-490.**
- Azizinamini A., dkk., 1994, Seismic Behavior of Square High-Strength Concrete Columns, ACI Structural Journal, Vol. 91, No. 3, hal 336 - 345.**
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002, Bandung.**
- Blume J. A., dkk., 1961, Design of Multistory Reinforced Concrete Building for Earthquake Motions, Portland Cement Association, Chicago.**
- Chan W.L., 1955, The Ultimate Strength and Deformation of Plastic Hinges in Reinforced Concrete Frameworks, Magazine of Concrete Research Vol. 7**
- Cosson D., dan Paultre P., 1995, Stress-Strain Model for Confined High Strength Concrete, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 121, No. 3, hal 468-477.**

Fafitis A., dan Shah P. S., 1985, **Lateral Reinforcement for High Strength Concrete Columns**, ACI , SP-87, Detroit hal 213-232.

Kent D.C., dan Park R., 1971, **Flexural Members with Confined Concrete**, **Journal Structural Division**, ASCE, Vol. 97, ST7, hal 1969-1990.

Manaha Y. P., dkk 2009, **Efektifitas Pengekangan Fine Mesh Terhadap Peningkatan Daktilitas Kolom Beton Bertulang di Daerah Gempa Kuat**, *DIPA 2009 Nomor : 091/SP2H/PP/DP2M/IV/2009 Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.*

Manaha Y. P., 2009, **Model Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Kolom Beton Terkekang Fine Mesh**, *Jurnal Teknik Sipil "Prokons" Politeknik Negeri Malang*, ISSN : 1978-1784

Manaha Y. P., 2008, **Model Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Kolom Beton Terkekang Fine Mesh**, *LP2M-ITN Malang*

Manaha Y. P., 2007, **Efektifitas Pengekangan Kolom Bulat Beton Bertulang dengan Fine Mesh dibanding Tulangan Spiral Biasa dalam hal Peningkatan Kekuatan (f'_{cc}) dan Regangan (ϵ_{cc}) dan (ϵ_{cu})** *Seminar Nasional ITS Surabaya*, ISBN 979-545-0270-1.

Mander J. B., Priestley M. J. N., Park R., **Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete**, *Journal of Structural engineering*, ASCE, V. 114. No. 8, August 1988, pp. 1804 - 1826.

Mander J. B., Priestley M. J., Park R., **Observed Stress-Strain Behavior of Confined Concrete**, Journal of Structural engineering, ASCE, V. 114. No. 8, August 1988, pp. 1827 - 1849.

Naeim F., 1989, **Seismic Design Handbook**, New York : Van Nostrand Reinhold.

Nawi E.G., 1998, **Beton Bertulang**, Bandung : Refika Aditama.

Park R., Paulay T., 1975, **Reinforced Concrete Structure**, New York : John Wiley and Sons.

Paulay T., Priestley M.J.N., 1991, **Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building**, New York : John Wiley and Sons.

Popovics S., 1973, **A Numerical Approach to The Complete Stress-Strain Curve of Concrete**, Cement Concrete Research.

Purwono R., Tavio, Imran I., Raka I. G. P., 2007, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002 dilengkapi Penjelasan (S-2002)**, ITS Surabaya.

Roy H.E.H. dan Sozen M. A., 1964, **Ductility of Concrete**, ASCE, ACI, Miami

Razvi S. R., Saatcioglu M., **Confinement of Reinforced Concrete with Welded Wire Fabric**, ACI Structural Journal, V. 86. No. 5 September- Oktober 1989, pp. 615 – 623.

Saatcioglu M., Grira M., **Confinement of Reinforced Concrete Column with Welded Reinforcement Grids**, ACI Structural Journal, V. 96. No. 1, January - February 1999, pp. 29 - 39.

Saatcioglu M., dan Razvi S. R., 1992, **Strength and Ductility of Confined Concrete**, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol 118, No. 6, Hal 1590-1607.

Scott B. D., Park R., Priestley M. J. N., **Stress-Strain behavior of Concrete Confined by Overlapping Hoops at Low and High Strain rate**, ACI Structural Journal, January - February 1982, pp. 13 - 27.

Sheikh S. A., Toklucu M. T., **Reinforced Concrete Columns Confined by Circular Spiral and Hoops**, ACI Structural Journal, V. 90. No. 5, September - October 1993, pp. 542 – 553.

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I

Foto Dokumentasi Proses Penelitian

LAMPIRAN II

Tabel L.2.1 : Tabel Hasil Pengujian Tarik Baja Tulangan BJTP
Laporan Hasil Pengujian Tarik Baja Tulangan BJTP

Tabel L.2.2 : Tabel Hasil Pengujian Tekan Beton Silinder

Tabel L.2.3 : Tabel Hasil Pengujian Tarik Fine Mesh

LAMPIRAN III : Tabel Hasil Analisa Teoritis Kolom

Tabel L.3.1 : Tabel Benda uji

Tabel L.3.2 : Tabel Hasil Analisa Teoritis Kolom CCP

Tabel L.3.3 : Tabel Hasil Analisa Teoritis Kolom CCFM

Tabel L.3.4 : Tabel Hasil Analisa Teoritis Kolom CCS

Tabel L.3.5 : Tabel Hasil Analisa Teoritis Kolom CCFMS

LAMPIRAN IV : Tabel Hasil Pengamatan Eksperimen

Tabel L.4.1 : Tabel Pengujian Tarik Baja dan Fine Mesh

Tabel L.4.2 : Hasil Eksperimental

Tabel L.4.3 : Tabel Validasi Analisa Teoritis dan Eksperimental

Tabel L.4.4 : Tabel Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCP

Tabel L.4.4-A : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCP-1

Tabel L.4.4-B : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCP-2

Tabel L.4.4-C : Rata-rata Hasil Eksperimen Pengamatan Kolom CCP

Tabel L.4.5 : Tabel Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCS

Tabel L.4.5-A : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCS-1

Tabel L.4.5-B : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCS-2

Tabel L.4.5-C : Rata-rata Hasil Eksperimen Pengamatan Kolom CCS

Tabel L.4.5-D : Hasil Pengamatan Regangan Baja Spiral

Tabel L.4.6 : Tabel Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCFM

Tabel L.4.6-A : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCFM-1

Tabel L.4.6-B : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCFM-2

Tabel L.4.6-C : Rata-rata Hasil Eksperimen Pengamatan Kolom
CCFM

Tabel L.4.6-D : Hasil Pengamatan Regangan Baja FineMesh

Tabel L.4.7 : Tabel Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCFMS

Tabel L.4.7-A : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCFMS-1

Tabel L.4.7-B : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCFMS-2

Tabel L.4.7-C : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCFMSB-1

Tabel L.4.7-D : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom CCFMSB-2

Tabel L.4.7-E : Rata-rata Hasil Eksperimen Pengamatan Kolom
CCFMS

LEMBAR ASISTENSI

LAMPIRAN I

FOTO - FOTO PENELITIAN



Foto : Pemotongan Fine Mesh



Foto : Pemotongan Tulangan Longitudinal



Foto : Perakitan Tulangan Kolom



Foto : Pemasangan Fine Mesh Pada Tulangan Kolom



Foto : Perakitan Bekisting Kolom



Foto : Perakitan Bekisting Kolom



Foto : Pemasangan Strain Gauge

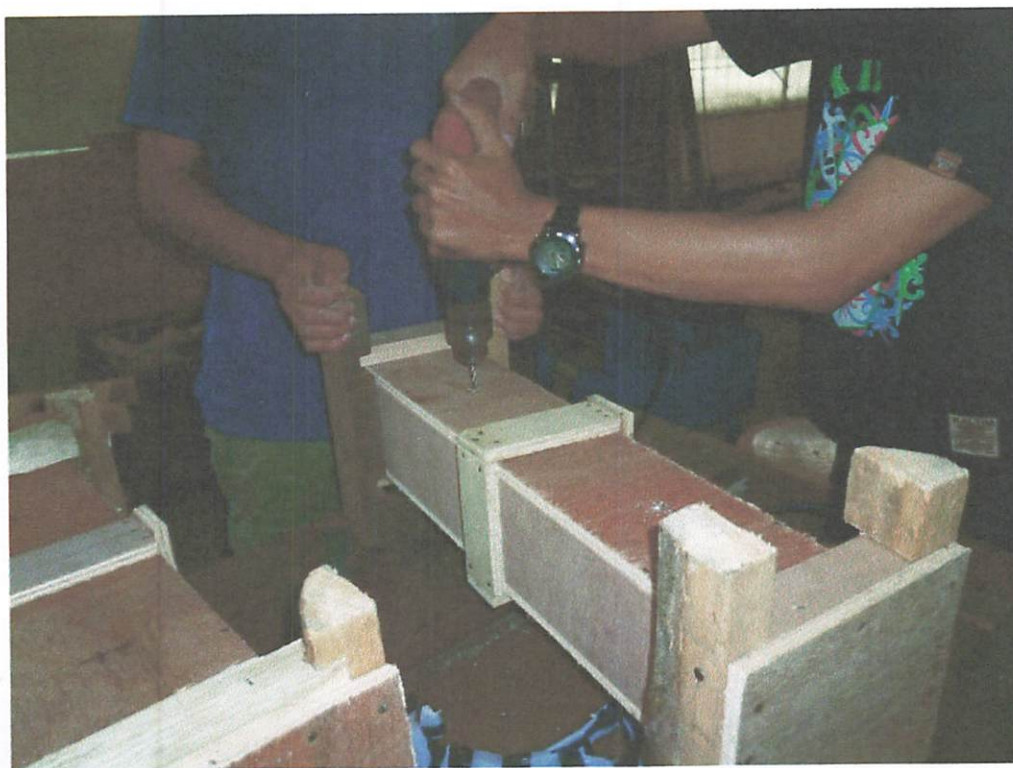


Foto : Proses Pelubangan Bekisting Untuk Besi Eldivity



Foto : Proses Pemotongan Plat Strip Untuk Tumpuan Eldivity



Foto : Pengecoran Benda Uji



Foto : Proses Pengupasan Benda Uji Untuk Dililit Fine Mesh

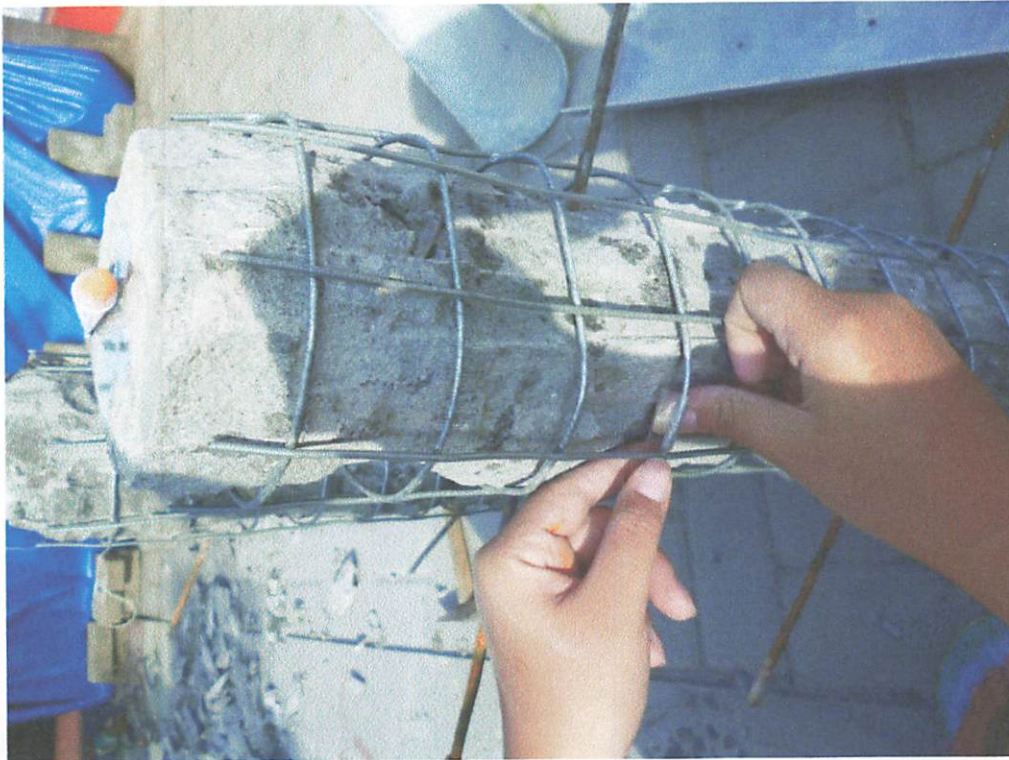


Foto : Pemasangan Fine Mesh Tahap II



Foto : Proses Perendaman Benda Uji

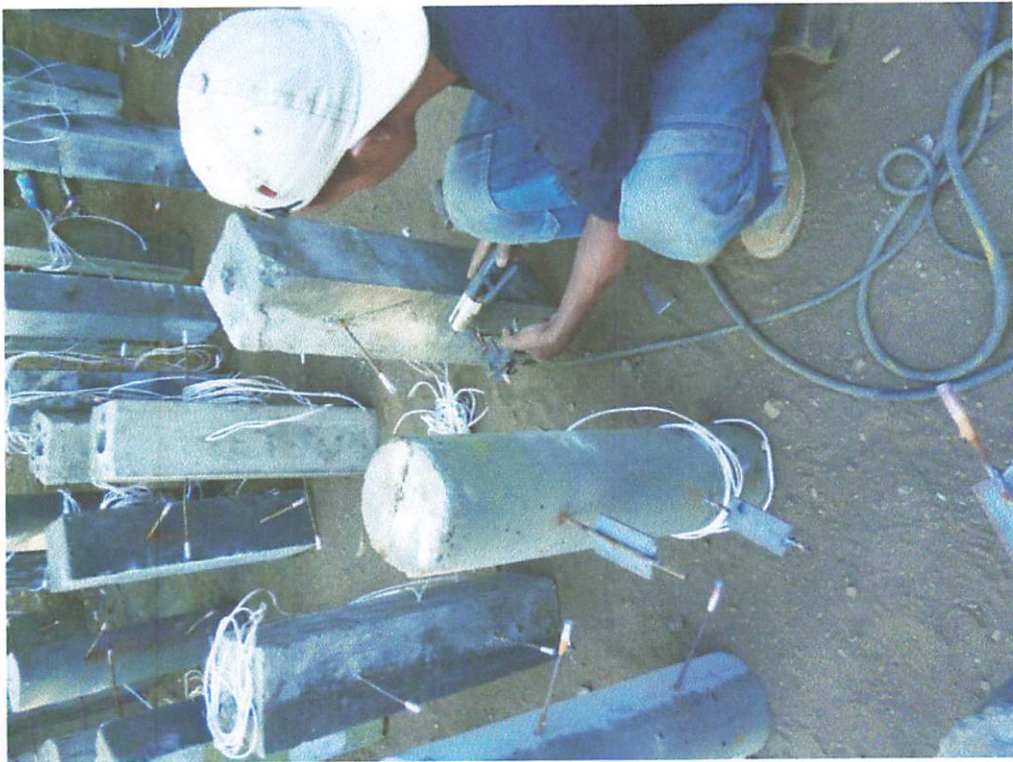


Foto : Pengelasan Plat Stripe Untuk Eldivity



Foto : Pengujian Silinder Beton

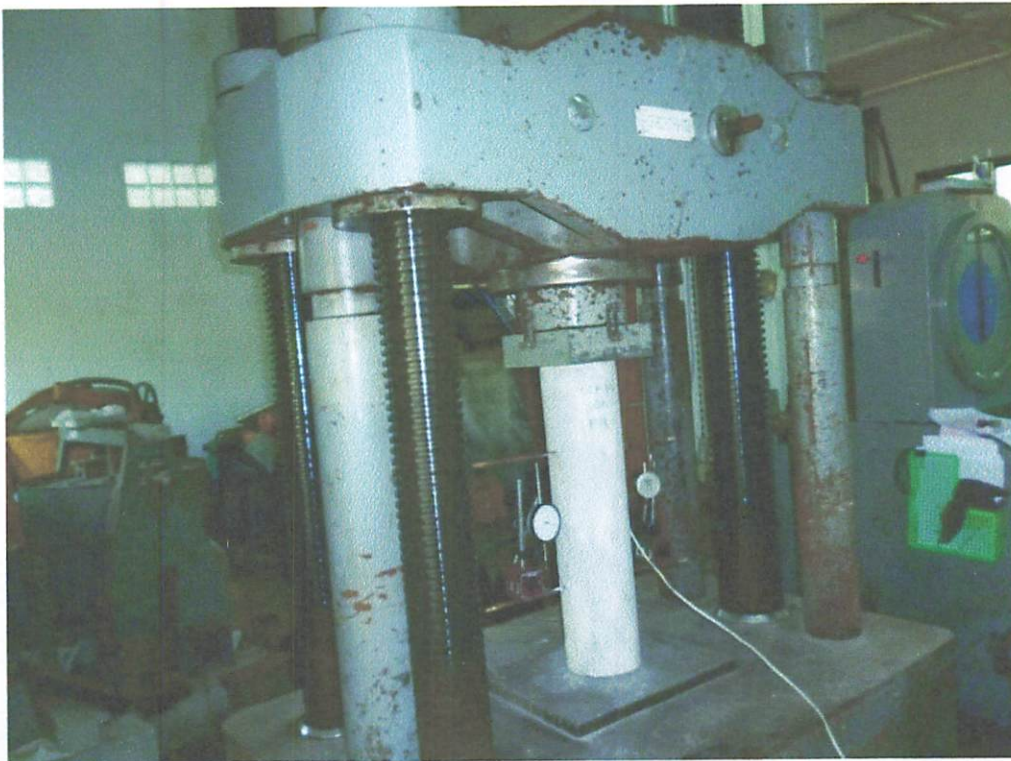


Foto : Pengujian Benda Uji Di Kampus Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya

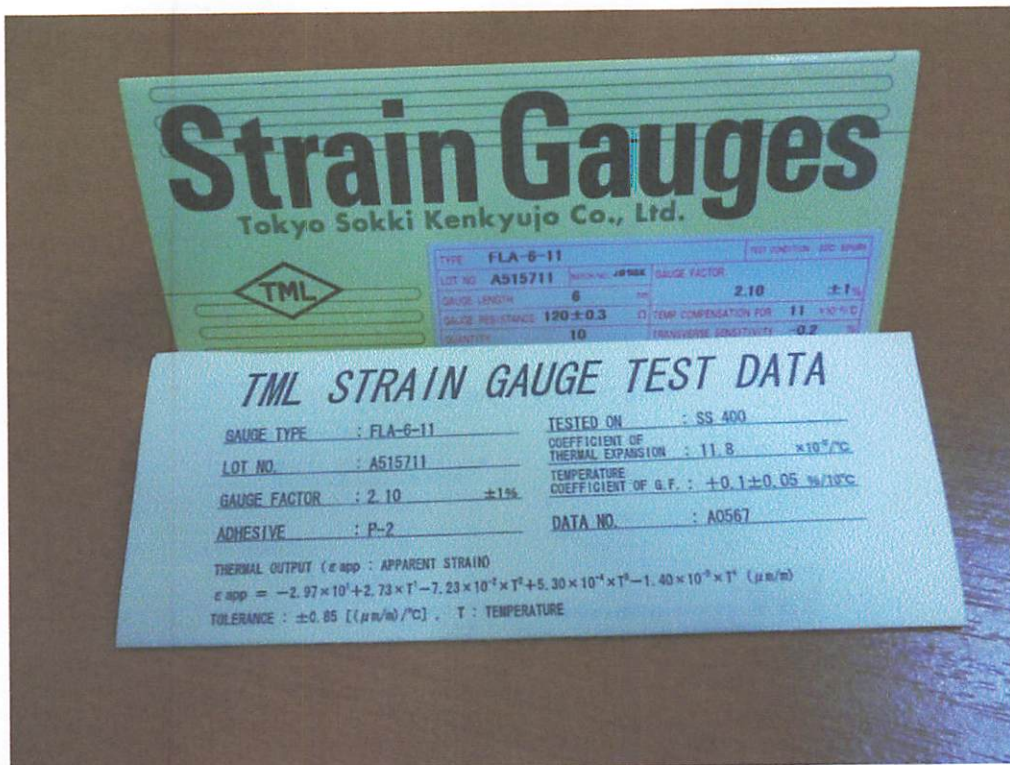


Foto : Jenis Strain Gauge yang dipergunakan.



Foto : Jenis Data Logger yang dipergunakan.

LAMPIRAN L II
PENGUJIAN BESI BAJA
DAN
SILINDER BETON

APORAN HASIL PENGUJIAN TARIK BAJA TULANGAN B/TP

PENGUJIAN TARIK BAJA TULANGAN B/TP

TABEL HASIL

LAMPIRAN 1.2.1



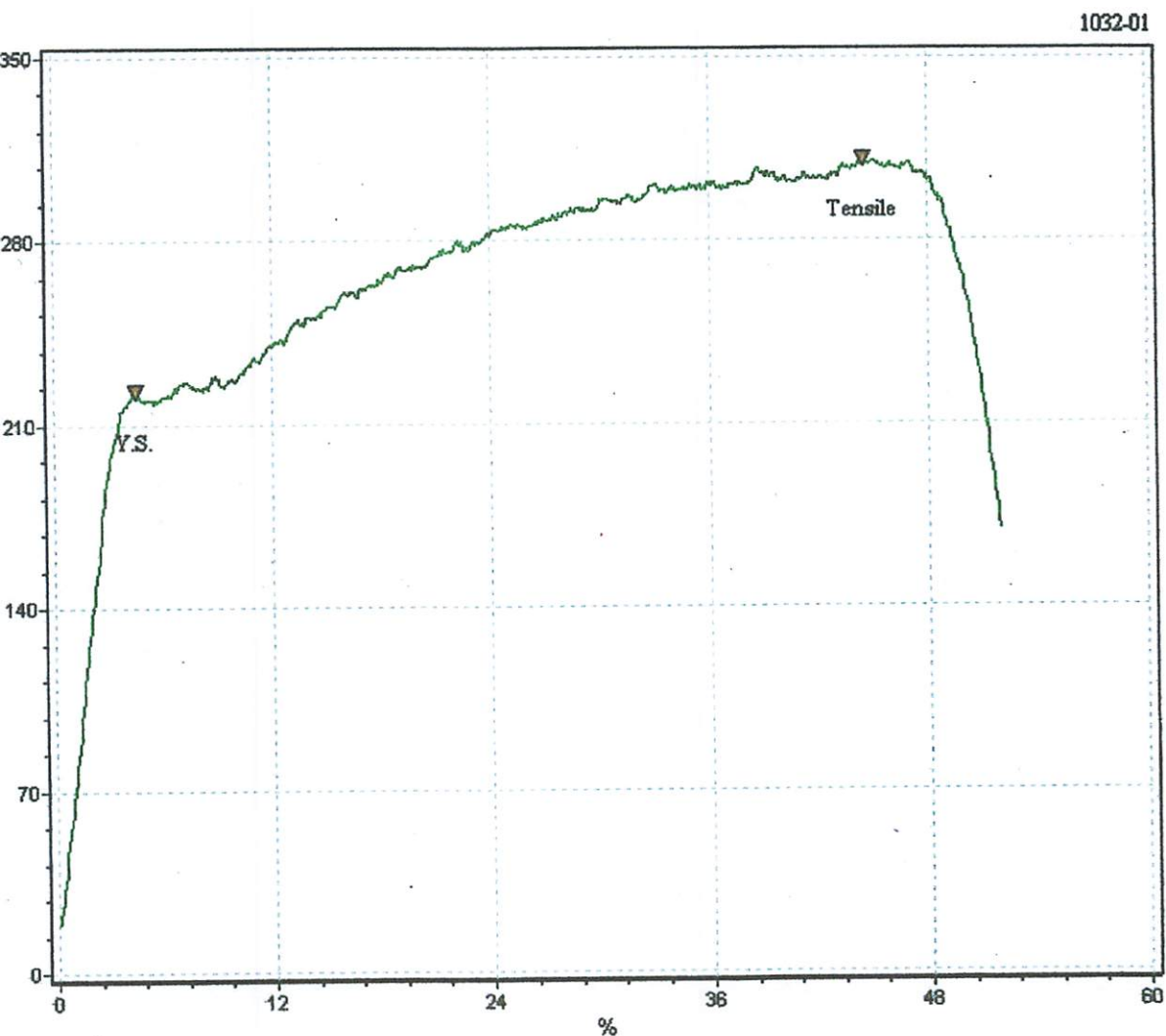
TEST REPORT

Standard : ASTM A370

Test Description : Tensile

Test Date : 20/07/201

SPECIMEN	Area mm ²	Max. Force Newton	Yield Strength M.Pa	Tensile Strength M.Pa	Elongation %
Baja Tulang Polos D4.7mm	17.35	5394.90	223.120	310.955	51.822



Kepala Laboratorium :

I Komang Astana Widi, ST.MT

NIP Y. 1030400405



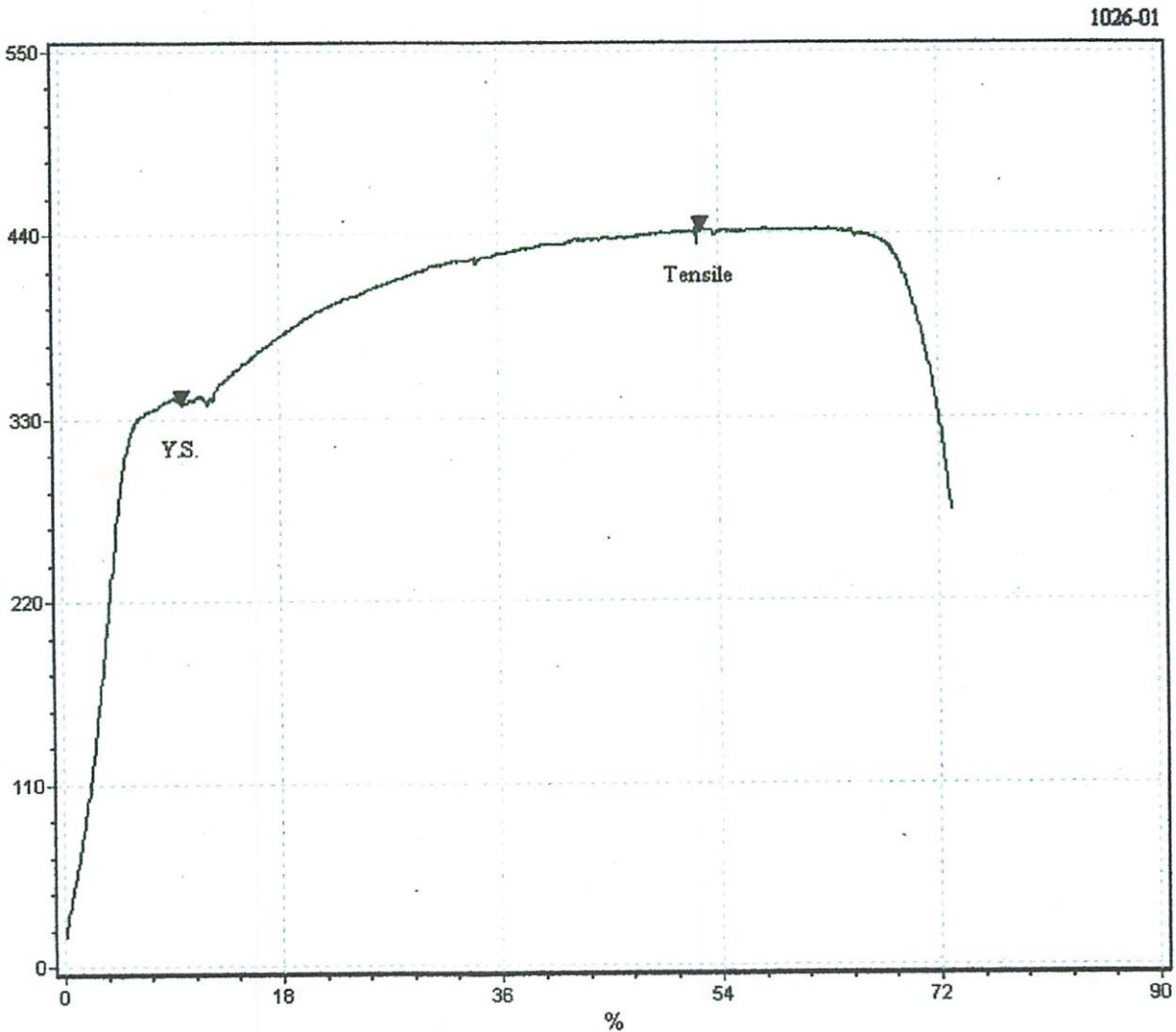
TEST REPORT

Standard : ASTM A370

Test Description : Tensile

Test Date : 20/07/201

SPECIMEN	Area mm ²	Max. Force Newton	Yield Strength M.Pa	Tensile Strength M.Pa	Elongation %
Baja Tulang Polos D5,6 mm	24.63	10980.90	342.979	445.833	73.067



Kepala Laboratorium :

Komang Astana Widi, ST.MT

NIP Y. 1030400405



TEST REPORT

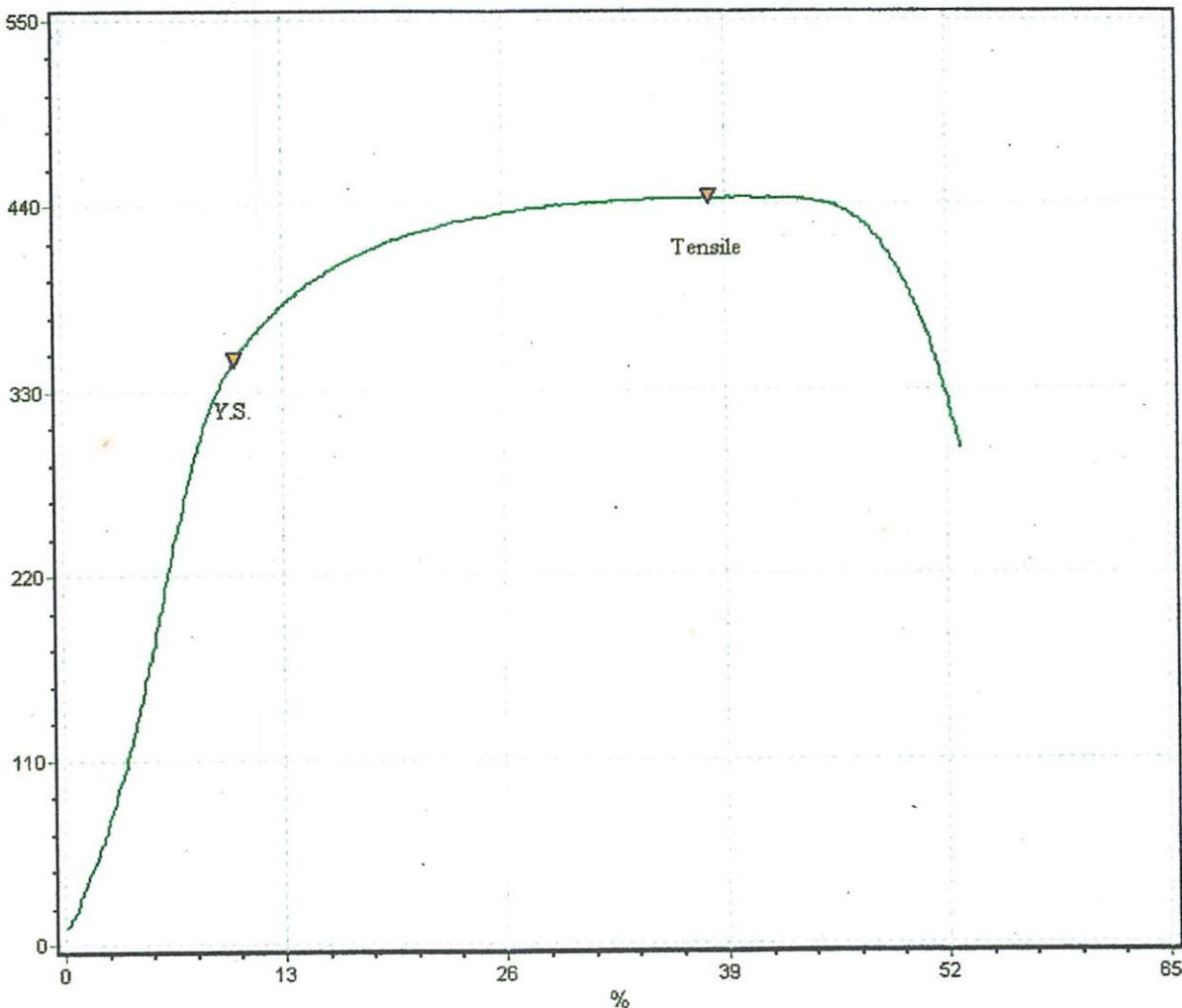
Standard : ASTM A370

Test Description : Tensile

Test Date : 20/07/201

SPECIMEN	Area mm ²	Max. Force Newton	Yield Strength M.Pa	Tensile Strength M.Pa	Elongation %
Baja Tulang Polos D7,2 mm	40.72	18105.50	349.131	444.688	52.711

1030-01



Kepala Laboratorium :

I Komang Astana Widi, ST.MT

NIP Y. 1030400405



LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL

Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

TEST REPORT

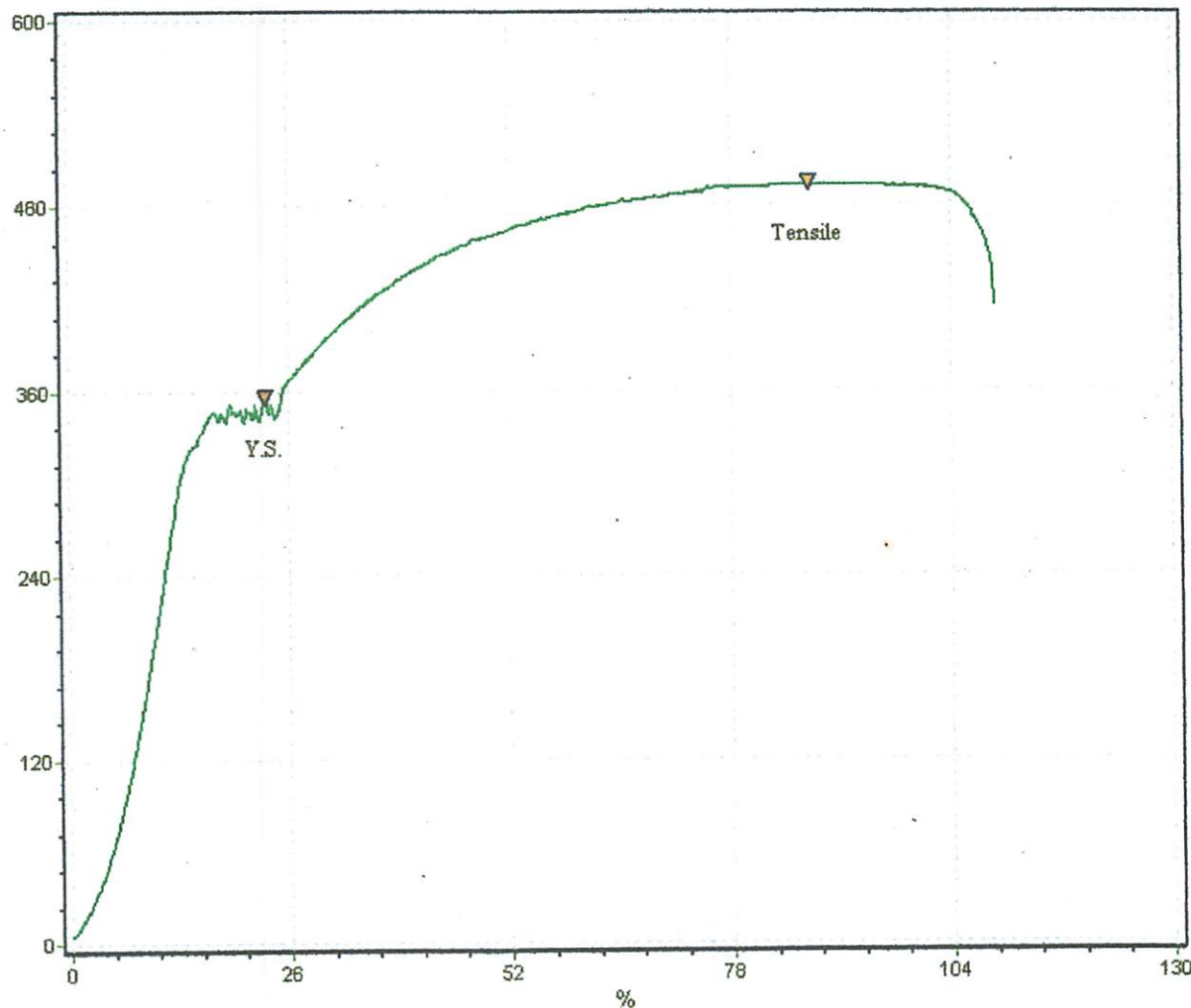
Standard : ASTM A370

Test Description : Tensile

Test Date : 20/07/201

SPECIMEN	Area mm ²	Max. Force Newton	Yield Strength M.Pa	Tensile Strength M.Pa	Elongation %
Baja Tulangan Ulir D9,05 mm	64.33	31820.60	356.192	494.677	108.978

1029-01



Kepala Laboratorium :

I Komang Astana Widi, ST.MT

NIP Y. 1030400405

Uji L2.1. Pengujian kuat tarik tulangan logitudinal

Untuk pemeriksaan kuat tarik besi beton

Waktu / Tanggal : Jumat, 20 Juli 2012

Jumlah : 3 Sampel

Kondisi	No	Panjang (mm)	dia (mm)	luas (mm ²)	Kuat Tarik		reg (%)		
					(kg/cm ²)	(Mpa)			
Normal	1	500	5,6	24,6	3429,790	342,979	4458,830	445,883	73,067
Normal	2	500	9,01	64,3	3561,920	356,192	4946,770	494,677	
Normal	3	500	7,2	40,7	3491,310	349,131	4446,880	444,688	52,711
			7,27			349,434		461,749	

Pengujian kuat tarik tulangan Transversal

Kondisi	No	Panjang (mm)	dia (mm)	luas (mm ²)	Kuat Tarik		reg (%)		
					(kg/cm ²)	(Mpa)			
Normal	1	500	4,7	17,3	2231,200	223,120	3109,550	310,955	51,822
			4,7			223,12		310,955	

LAMPIRAN L 2.2

TABEL HASIL PENGUJIAN

TEKANAN BETON SILINDER

LAMPIRAN L2.2
Analisa eksperimental silinder beton

Tabel L2.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Hari : Sabtu, 4 Agustus 2012
Umur : 21 Hari
Jumlah : 7 Benda Uji

No	Kode	Berat (kg)	Diameter (cm)	Luas (cm ²)	Beban (kg)	f _c		\bar{f}_c (MPa)	$(f_c - \bar{f}_c)^2$ (MPa)	sd (MPa)	f'c (MPa)
						(kg/cm ²)	(MPa)				
1	K1	12,62	15	176,715	22000	124,495	12,449	11,399	1,104	1,021	10,0305
2	K2	12,35	15	176,715	26000	147,130	14,713		10,986		
3	K3	12,47	15	176,715	18000	101,859	10,186		1,470		
4	K4	12,58	15	176,715	17000	96,200	9,620		3,163		
5	K5	12,45	15	176,715	23000	130,153	13,015		2,614		
6	Kr1	11,67	15	176,715	17000	96,200	9,620		3,163		
7	Kr2	11,79	15	176,715	18000	101,859	10,186		1,470		
Total									23,971		

Analisa eksperimental silinder beton

Hari/Tanggal : Kamis, 9 Agustus 2012
Umur : 28 Hari
Jumlah : 8 Benda Uji

No	Kode	Berat (kg)	Diameter (cm)	Luas (cm ²)	Beban (kg)	f _c		\bar{f}_c (MPa)	$(f_c - \bar{f}_c)^2$ (MPa)	sd (MPa)	f'c (MPa)
						(kg/cm ²)	(MPa)				
1	K6	12,31	15	176,715	33000	186,742	18,674	17,967	0,500	1,153	16,422
2	K7	12,56	15	176,715	40000	226,354	22,635		21,795		
3	K8	12,54	15	176,715	31000	175,424	17,542		0,180		
4	K9	12,50	15	176,715	30000	169,765	16,977		0,981		
5	K10	12,48	15	176,715	31000	175,424	17,542		0,180		
6	Kr3	11,75	15	176,715	32000	181,083	18,108		0,020		
7	Kr4	12,01	15	176,715	29000	164,106	16,411		2,422		
8	Kr5	12,43	15	176,715	28000	158,448	15,845		4,503		
Total									30,581		

LAMPIRAN L 2.3

TABEL HASIL

PENGUJIAN TARIK FINE MESH

Hasil pemeriksaan kuat tarik Fine Mesh
 tanggal
 untuk pekerjaan
 contoh

tabel L1.5 Pengujian kuat tarik Fine Mesh

Benda Uji	no	Panjang (mm)	berat (kg)	dia (mm)	luas (mm ²)	Tegangan leleh			kuat tarik		
						(kg)	(kg/cm ²)	(Mpa)	(kg)	(kg/cm ²)	(Mpa)
φ 4 mm	1	640	0,347	4	12,56637	590	4695,071	469,5	820	6525,353	652,5
	2	650	0,346	4	12,56637	591	4703,029	470,3	820	6525,353	652,5
	3	620	0,346	4	12,56637	591	4703,029	470,3	820	6525,353	652,5
				4				470,0			652,5

LAMPIRAN L III

ANALISA TEORITIS KOLOM

LAMPIRAN L 3.1

TABEL BENDA UJI

Kode Benda Uji	Penampang Kolom	Jenis Tulangan		Keterangan
		Konvensional	Fine mesh (FM)	
CCP	D = 150 mm			Sampel 1
CCL	D = 150 mm	Longitudinal $\varnothing = 7,2\text{mm}$ dan		Sampel 2
CCS	D = 150 mm	Longitudinal $\varnothing = 7,2\text{mm}$ dan Transversal $\varnothing = 4,7\text{mm}$ Jarak s = 50 mm		Sampel 3
CCFMS1	D = 150 mm	Longitudinal $\varnothing = 5,6\text{mm}$ dan Transversal $\varnothing = 4,7\text{mm}$ Jarak s = 200 mm	FM \varnothing 4 – 50 mm (dicor gabung)	Sampel 4
CCFM	D = 150 mm		FM \varnothing 4 – 50 mm	Sampel 5
CCFMS2	D = 150 mm	Longitudinal $\varnothing = 5,6\text{mm}$ dan Transversal $\varnothing = 4,7\text{mm}$ Jarak s = 200 mm	FM \varnothing 4 – 50 mm (Selimut dikupas)	Sampel 6

LAMPIRAN L 3.2

TABEL ANALISA KOLOMI CCP

Parameter Penelitian

Parameter perancangan yang telah dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Kolom pendek dengan penampang berbentuk bulat dengan diameter $\emptyset = 150$ mm dan tinggi $h = 600$ mm
- b. Selimut beton kolom = 15 mm
- c. Mutu beton $f'_c = 17,967$ MPa
- d. Tegangan leleh baja tulangan polos $f_y = 223,12$ MPa
- e. Tegangan leleh *fine mesh* $f_{yfm} = 470$ MPa
- f. Baja tulangan polos $\emptyset = 4,7$ mm dan $\emptyset = 7,2$ mm
- g. Diameter *fine mesh* adalah $\emptyset = 4$ mm dengan ukuran grid 50 x 50 mm
- h. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai sebanyak 2 (dua) lapis, untuk kolom beton terkekang *fine mesh* (CCFM) .
- i. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai sebanyak 2 (dua) lapis untuk membungkus kolom beton terkekang *tulangan spiral BJTP* yang memikul beban gravitasi
- j. Kurva hubungan tegangan-regangan kolom beton polos, kurva hubungan tegangan-regangan kolom beton terkekang *fine mesh*, kurva hubungan tegangan-regangan kolom beton terkekang *tulangan spiral BJTP*, kurva hubungan tegangan-regangan kolom beton terkekang *tulangan spiral BJTP* yang dibungkus *fine mesh*..

Prediksi Analitis kolom Bulat

Dari kepustakaan yang ada, telah kami lakukan analisis teoritis kurva hubungan tegangan-regangan beton tidak terkekang dan beton terkekang. Dari beberapa model kurva menggunakan usulan Hognestad untuk model hubungan tegangan-regangan beton tidak terkekang tersebut, kami pilih yang paling cocok untuk dipakai sebagai hipotesa perilaku *fine mesh* adalah Mander, dkk.(1988).

3.9.1.1 Kolom Beton Polos (CCP)

$$\begin{aligned} A_g &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 150^2 \\ &= 17678,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{max} &= f'_c \times A_g \\ &= 17,97 \times 17678,6 \\ &= 317630,8929 \text{ N} \\ &= 31,76308929 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 4700 \times \sqrt{17,97} \\ &= 19922,1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_o &= \frac{2f'_c}{E_c} & (2.9) \\ &= \frac{2 \times 17,97}{19922,12413} \\ &= 0,001804 \end{aligned}$$

$$f_c = f'_c = \left\{ \frac{2 \epsilon_c}{\epsilon_o} - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^2 \right\} \quad (2.8)$$

$$f'_c = \frac{f_c}{\left\{ \frac{2 \epsilon_c}{\epsilon_o} - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^2 \right\}} \quad (2.8)$$

$$f'_c = \frac{17,97}{\left\{ \frac{2 \times 0,0018}{0,001804} - \left(\frac{0,0018}{0,0018} \right)^2 \right\}}$$

$$= 17,97 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu} = \frac{3 + (0,002 \times 17,97)}{(17,97 - 1000)}$$

$$= 0,0031$$

$$f'_c = \frac{f_c}{\left\{ \frac{2 \times \epsilon_{cu}}{\epsilon_o} - \left(\frac{\epsilon_{cu} - \epsilon_o}{\epsilon_o} \right)^2 \right\}}$$

$$f'_c = \frac{17,967}{\left\{ \frac{2 \times 0,0031}{0,0018} - \left(\frac{0,0031 - 0,0018}{0,0018} \right)^2 \right\}}$$

$$= 5,24143 \text{ MPa}$$

Tabel 3.2. Tegangan Regangan Kolom Beton Polos (CCP) menurut Hognestad

No	ϵ_c	f'_c
		(MPa)
1	2	3
1	0,0000	0,0000
2	0,0002	3,4137
3	0,0004	6,4681
4	0,0005	9,1632
5	0,0007	11,4989
6	0,0009	13,4753
7	0,0011	15,0923
8	0,0013	16,3500
9	0,0014	17,2483
10	0,0016	17,7873
11	0,0018	17,9670
12	0,0019	17,4429
13	0,0021	16,9187
14	0,0022	16,3946
15	0,0023	15,8704
16	0,0024	15,3463
17	0,0026	14,8221
18	0,0027	14,2980
19	0,0028	13,7739
20	0,0030	13,2497
21	0,0031	12,7256

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.2

➤ Kolom 1

Nomor urut.

➤ Kolom 2

Regangan beton naik (no urut 1 s/d 11)

$$\epsilon_c = \frac{0,002}{10}$$

Regangan beton turun (no urut 11 s/d 13)

$$\epsilon_c = \frac{3}{f'_c} + \frac{0,002 \times f'_c}{1000}$$

➤ Kolom 3

Kuat tekan beton kolom

$$f_c = f'_c = \left\{ \frac{2 \epsilon_c}{0,002} - \left(\frac{\epsilon_c}{0,002} \right)^2 \right\}$$

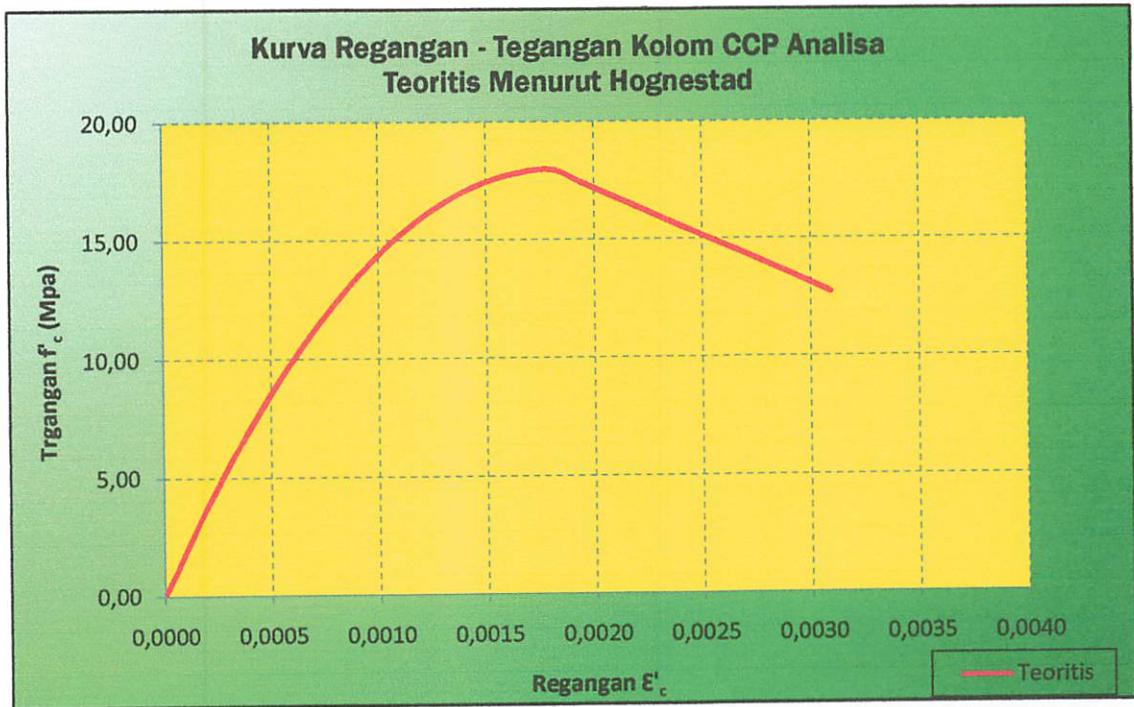
..... Kurva naik dan turun

LAMPIRAN L 3.3

TABEL ANALISA KOLOMI CCFM

$$= 0,85 \times f_c$$

Kurva tegangan-regangan beton kolom polos (CCP) yang terlihat pada Gambar 3.4. di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.2 yaitu angka-angka pada kolom 2 untuk arah horisontal (regangan) dan kolom 3 untuk arah vertikal (tegangan).



Gambar 3.4. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Analisa Teoritis Kolom CCP menurut Hognestad

3.9.1.2. Kolom Beton Terkekang Fine Mesh (CCFM)

Luas total fine mesh arah longitudinal adalah :

$$\begin{aligned} A_{sfm} &= m^2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \\ &= 29 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 4^2 \\ &= 364,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perbandingan modulus elastisitas baja (E_s) terhadap beton (E_c) :

$$\begin{aligned} n &= \frac{E_s}{E_c} \\ &= \frac{200000}{19922} \\ &= 10,0391 \end{aligned}$$

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$D_{cfm} = 150 - 15 - 15 - 4 = 116 \text{ mm}$$

$$D'_{cfm} = 150 - 15 - 15 = 120 \text{ mm}$$

Rasio volumetric *fine mesh* (ρ_{sfm}) untuk 1 (satu) layer adalah :

- *Layer 1 (lapisan dalam) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$= 150 - 15 - 15 \left[- \left(2 \times 4 \right) \right] - \left[2 \times 4 \right] - 4 = 100 \text{ mm}$$

$$= 150 - 15 - 15 - \left(2 \times 4 \right) - \left(2 \times 4 \right) = 104 \text{ mm}$$

$$A_{sfm} = 1/4 \times \pi \times \emptyset^2$$

$$= 1/4 \times \pi \times 4^2$$

$$= 12,5714 \text{ mm}^2$$

Rasio *fine mesh* (ρ_{sfm}) untuk layer dalam adalah :

$$\rho_{sfm} = \frac{\pi \times D_{cfm} \times A_{fm}}{1/4 \times \pi \times D'_{cfm}^2 \times s}$$

$$= \frac{\pi \times 100 \times 12,5714}{1/4 \times \pi \times 104^2 \times 50}$$

$$= 0,0093$$

- *Layer 2 (lapisan luar) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$D_{cfm} = 150 - 15 - 15 - 4 = 116 \text{ mm}$$

$$D'_{cfm} = 150 - 15 - 15 = 120 \text{ mm}$$

Rasio *fine mesh* (ρ_{sfm}) untuk layer dalam adalah :

$$\rho_{sfm} = \frac{\left\{ \pi \times D_{cfm} \right\} \times A_{fm}}{\left\{ \frac{1}{4} \times \pi \right\} \times \left\{ D'_{cfm}^2 \right\} \times s}$$

$$= \frac{\left\{ \pi \times 116 \right\} \times \left\{ 12,5660 \right\}}{\left\{ \frac{1}{4} \times \pi \times 120^2 \right\} \times 50}$$

$$= 0,0081$$

$$\text{Rasio total} = \rho_x = \rho_y = 0,0093 + 0,0081$$

$$\rho_{sfm} = \rho_x = \rho_y = 0,0174$$

$$f'_{ix} = K_e \times \rho_{xsfm} \times f_{yfm} \quad (2.11)$$

$$f'_{iy} = K_e \times \rho_{yfm} \times f_{yfm} \quad (2.12)$$

$$K_e = 0,95$$

$$f'_{ix} = f'_{iy} = 1 \times 0,0174 \times 470 \\ = 7,7675 \text{ MPa}$$

$$\frac{f'_{ix}}{f'_c} = \frac{f'_{iy}}{f'_c} = \frac{7,7675}{17,97} = 0,4323$$

$$K = 1 + \left[2 \times \rho_{sfm} \right] \times \left[\frac{f_{yh}}{f'_c} \right] \quad (2.13)$$

$$K = 1 + \left[2 \times 0,0174 \right] \times \left[\frac{470,000}{17,97} \right] \\ = 1,9329$$

$$K = \frac{f'_{cc}}{f'_c} \quad \longrightarrow \quad f'_{cc} = K \times f'_c \\ f'_{cc} = 1,9329 \times 17,97 \\ = 34,7285 \text{ MPa}$$

$$\epsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + \left[5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \right\} \quad (2.18)$$

$$\epsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + \left[5 \times \left(\frac{34,7285}{17,97} - 1 \right) \right] \right\} \\ = 0,0113$$

$$\epsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \rho_{sfm} \times f_{yfm} \left[\frac{\epsilon_{sm}}{f'_{cc}} \right] \quad (2.19) \\ \longrightarrow \rho_s = 0,0174$$

$$\epsilon'_{cu} = 0 + 1 \times 0,0174 \times 470,000 \left[\frac{0,1500}{34,7285} \right] \\ = 0,0534$$

Beban maksimum kolom CCFM adalah :

$$P_{max} = f'_{cc} \times \left[A_g \left(\frac{A_g - A_{sfm}}{A_g} \right) + \left(A_{sfm} \right) \times \left(\frac{n}{A_g} \right) \right] \\ = 34,729 \times \left[17678,6 \left(\frac{17678,6 - 364,5714}{17678,6} \right) + \left(364,5714 \times \frac{10,0391}{17678,6} \right) \right] \\ = 728394,59 \text{ N} = 72,839 \text{ ton}$$

$$= \frac{1 \times \left[\left(5 \times f'_{cc} \right) - \left(4 \times f'_{cc} \right) \right]}{E_c}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1 \times 15 \times 34,729 - 14 \times 34,729}{19922} \\
&= 0,0020 \\
&= \frac{f'_{cc}}{\epsilon_{ccj}} \\
&= \frac{34,7285}{0,0020} = 17027 \\
&= \frac{E_c}{E_c - E_{sccj}} \\
&= \frac{19922,12413}{19922,1 - 17027} = 6,88235 \\
&= \frac{4 \times 0,13}{150} = 0,0035 \\
&= 0,011 \times E_{\text{beton}} \\
&= 0,011 \times 230000 = 2530 \text{ MPa} \\
&= \frac{f_{ju}}{E_{\text{beton}}} = \frac{2530}{230000} = 0,0110
\end{aligned}$$

Tabel 3.3. Tegangan Regangan Kolom Beton Terkekang *Fine Mesh* (CCFM) menurut Mander, dkk

No	ϵ_{cc}	x	f'_{cc} (MPa)
1	2	3	4
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0002	0,1000	4,0632
3	0,0004	0,2000	8,1265
4	0,0006	0,3000	12,1892
5	0,0008	0,4000	16,2479
6	0,0010	0,5000	20,2869
7	0,0012	0,6000	24,2568
8	0,0014	0,7000	28,0334
9	0,0016	0,8000	31,3582
10	0,0018	0,9000	33,7876
11	0,0020	1,0000	34,7285
12	0,0029	1,4393	34,2076
13	0,0038	1,8787	33,6945
14	0,0047	2,3180	33,1891
15	0,0056	2,7573	32,6912
16	0,0065	3,1967	32,2008
17	0,0074	3,6360	31,7178
18	0,0083	4,0753	31,2421
19	0,0092	4,5147	30,7734
20	0,0101	4,9540	30,3118
21	0,0110	5,3933	29,8572

eterangan pengisian kolom pada Tabel 3.3

► Kolom 1
nomor urut.

► Kolom 2
regangan beton naik (no urut 1 s/d 11)

$$\varepsilon_c = \frac{0,0020}{10}$$

regangan beton turun (no urut 11 s/d 13)

$$= \frac{3}{f_c} + \frac{0,002 \times f_c}{1000}$$

► Kolom 3
rasio perbandingan regangan beton terhadap regangan saat tegangan

$$r = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon'_{cc}} \quad (2.15)$$

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + \left[5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \right\}$$

► Kolom 4
kuat tekan beton kolom

$$f_c = \frac{f'_{cc} \times r \times x \times x \times r}{r \times x \times 1 + x^r} \quad (2.14)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{scc}} \quad (2.16)$$

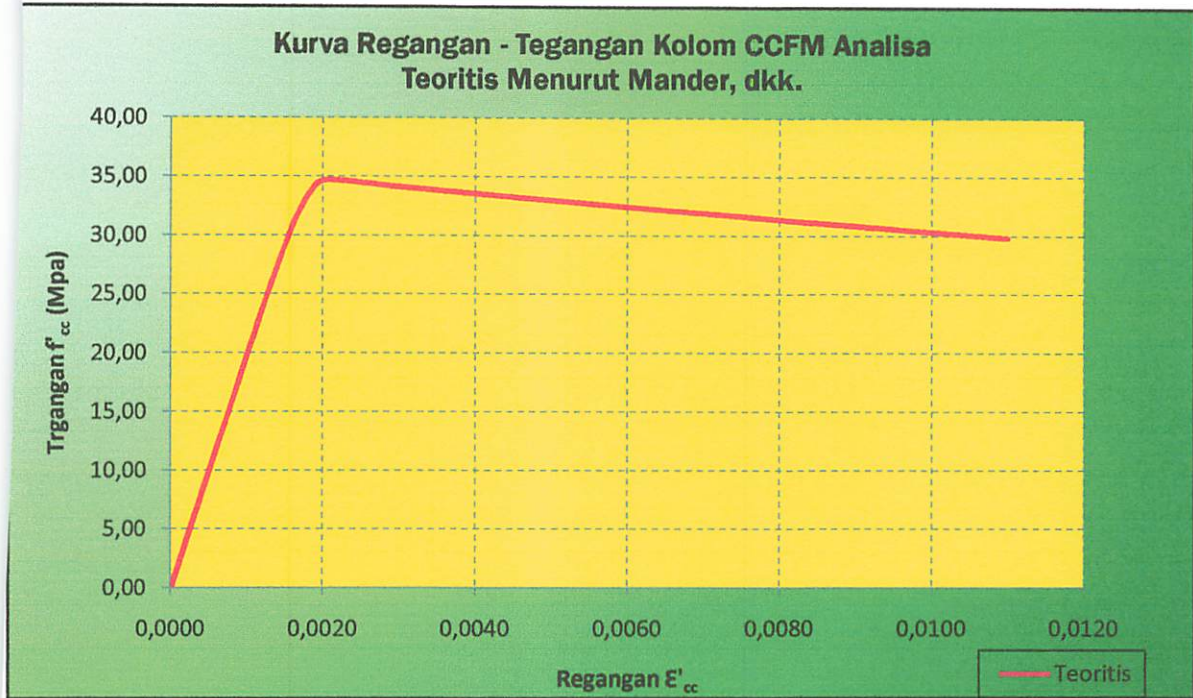
$$E_{scc} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon'_{cc}}$$

$$f'_{cc} = K \times f'_c \quad (2.17)$$

Kurva tegangan-regangan beton kolom terkekang *fine mesh* (CCFM) yang terlihat pada Gambar 3.5. di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.3 yaitu angka-angka pada kolom 2 untuk arah horizontal (regangan) dan kolom 4 untuk arah vertikal (tegangan).

LAMPIRAN L 3.4

TABEL ANALISA KOLOMI CCS



Gambar 3.5. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Analisa Teoritis Kolom CCFM

3.9.1.3 Kolom Beton Terkekang Spiral (CCS)

Kolom CCS adalah kolom beton yang terkekang tulangan spiral BJTP $\varnothing 10 - 60$, yang mana tulangan spiral yang terpasang pada kolom CCS sudah memenuhi syarat pengekanan untuk kolom yang memikul beban gempa sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.4 dan ACI 318-2005 section 21.4.4.1

$$\begin{aligned}
 D_c &= D - \left\{ 2 \times \text{selimut beton} \right\} - \left\{ \varnothing \text{ tulangan spiral} \right\} \\
 &= 150 - \left\{ 2 \times 15 \right\} - \left\{ 4,7 \right\} \\
 &= 115,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D'_c &= D - \left\{ 2 \times \text{selimut beton} \right\} \\
 &= 150 - \left\{ 2 \times 15 \right\} \\
 &= 120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= m_1 \times 1/4 \times \pi \times \varnothing^2 \\
 &= 8 \times 1/4 \times \pi \times 4,7^2 \\
 &= 138,85 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan spiral untuk gempa kuat pada kolom bulat adalah $\varnothing 10 - 60$.
Rasio tulangan spiral yang terpasang adalah :

$$\begin{aligned}
 A_s &= 1/4 \times \pi \times \varnothing^2 \\
 &= 1/4 \times \pi \times 7,2^2 \\
 &= 40,73 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_s \text{ terpasang} &= \frac{\left\{ \pi \times D_c \right\} \times A_{sv}}{\left\{ \frac{1}{4} \times \pi \times D_c^2 \right\} \times s} \\ &= \frac{\left\{ \pi \times 115,3 \right\} \times 7,20}{\left\{ \frac{1}{4} \times \pi \times 120^2 \right\} \times 50} \\ &= 0,0332 \end{aligned}$$

$$\rho_x = \rho_y = 0,0332$$

$$f'_{ix} = K_e \times \rho_x \times f'_{yh} \quad (2.11)$$

$$f'_{iy} = K_e \times \rho_y \times f'_{yh} \quad (2.12)$$

$$K_e = 0,95$$

$$\begin{aligned} f'_{ix} = f'_{iy} &= 1 \times 0,03321 \times 223,1200 \\ &= 7,03856137 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\frac{f'_{ix}}{f'_c} = \frac{f'_{iy}}{f'_c} = \frac{7,0386}{17,97} = 0,3917$$

$$K = 1 + \left[2 \times \rho_{sfm} \right] \times \left[\frac{f'_{yh}}{f'_c} \right] \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} K &= 1 + \left[2 \times 0,0332 \right] \times \left[\frac{223,1200}{17,97} \right] \\ &= 1,8454 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= \left[\frac{f'_{cc}}{f'_c} \right] \Rightarrow f'_{cc} = K \times f'_c \\ f'_{cc} &= 1,8454 \times 17,97 \\ &= 33,1555 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\epsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + \left[5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \right\} \quad (2.18)$$

$$\begin{aligned} \epsilon'_{cc} &= 0,002 \times \left\{ 1 + \left[5 \times \left(\frac{33,1555}{17,97} - 1 \right) \right] \right\} \\ &= 0,01045 \end{aligned}$$

$$\epsilon'_{cu} = 0,004 + 1 \times \rho_{sfm} \times f'_{yfm} \times \left[\frac{\epsilon_{sm}}{f'_{cc}} \right] \quad (2.19)$$

$$\rightarrow \rho_s = 0,0332$$

$$\begin{aligned} \epsilon'_{cu} &= 0,004 + 1,4 \times 0,0332 \left[\frac{100}{33,1555} \right] \times 0,150 \\ &= 0,0250 \end{aligned}$$

Beban maksimum kolom CCFM adalah :

$$\begin{aligned} &= f'_{cc} \times \left[\left(A_g - A_s \right) + \left(A_s \times n \right) \right] \\ &= 33,1555 \times \left[17678,6 - 138,85 + 138,85 \times 10,0391 \right] \\ &= 627754,5485 \text{ N} = 62,775455 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 1,17 \times \left[\left(5 \times f'_{cc} \right) - \left(4 \times f'_{cc} \right) \right] \\ &= 1,17 \times \left[\left(5 \times 33,155 \right) - \left(4 \times 33,155 \right) \right] \\ &= 0,0019 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{f'_{cc}}{\epsilon_{ccj}} \\ &= \frac{33,1555}{0,0019} = 17027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{E_c}{E_c - E_{sccj}} \\ &= \frac{19922,1241}{19922,1 - 17027} = 6,88235 \end{aligned}$$

$$= \frac{4 \times 0,1300}{150} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} &= 0,011 \times E_{\text{beton}} \\ &= 0,011 \times 230000 = 2530 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$= \frac{f_{ju}}{E_{\text{beton}}} = \frac{2530}{230000} = 0,0110$$

Tabel 3.4. Tegangan Regangan Kolom Beton Terkekang Tulangan Spiral BJTP (CCS) menurut Mander, dkk

No	ϵ'_{cc}	x	f'_{cc} (MPa)
1	2	3	4
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0002	0,1000	3,8792
3	0,0004	0,2000	7,7584
4	0,0006	0,3000	11,6371
5	0,0008	0,4000	15,5119
6	0,0010	0,5000	19,3680
7	0,0012	0,6000	23,1581
8	0,0014	0,7000	26,7636
9	0,0016	0,8000	29,9378
10	0,0018	0,9000	32,2572
11	0,0019	1,0000	33,1555

12	0,0029	1,4649	32,6581
13	0,0038	1,9298	32,1683
14	0,0047	2,3948	31,6857
15	0,0056	2,8597	31,2105
16	0,0065	3,3246	30,7423
17	0,0074	3,7895	30,2812
18	0,0083	4,2544	29,8270
19	0,0092	4,7194	29,3795
20	0,0101	5,1843	28,9389
21	0,0110	5,6492	28,5048

eterangan pengisian kolom pada Tabel 3.4

> Kolom 1
nomor urut.

> Kolom 2
regangan beton naik (no urut 1 s/d 11)

$$\epsilon_c = \frac{0,002}{10}$$

regangan beton turun (no urut 11 s/d 13)

$$= \frac{3 + 0,002 \times f'_c}{f'_c - 1000}$$

> Kolom 3

rasio perbandingan regangan beton terhadap regangan saat tegangan mencapai maksimum

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_{cc}} \quad (2.15)$$

$$\epsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + \left(5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right) \right\}$$

> Kolom 4

Kuat tekan beton kolom

$$f'_c = \frac{f'_{cc} \times x \times x \times r}{r \times x \times 1 + x^2} \quad (2.14)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{scc}} \quad (2.16)$$

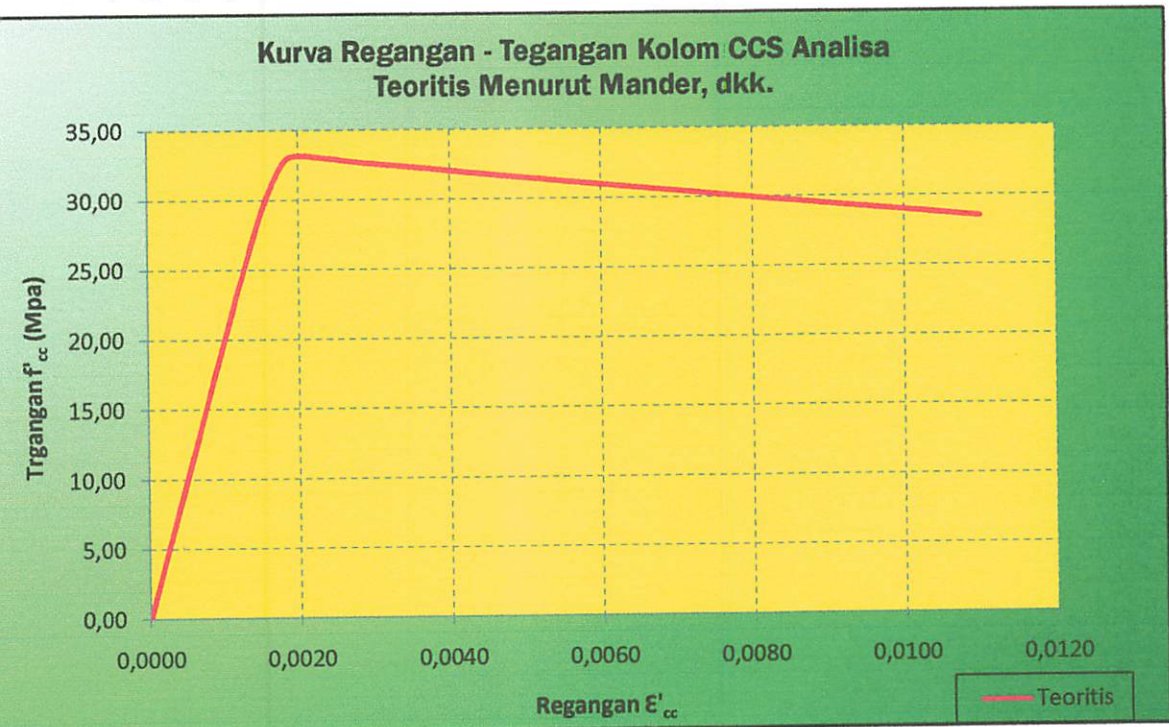
$$E_{scc} = \frac{f'_{cc}}{\epsilon'_{cc}}$$

LAMPIRAN L 3.5

TABEL ANALISA KOLOMI CCFMS

$$f'_{cc} = K \times f'_c \quad (2.17)$$

Kurva tegangan-regangan beton kolom terkekang *tulangan spiral (CCS)* yang terlihat pada gambar 3.6. di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.4 yaitu angka-angka pada kolom untuk arah horisontal (regangan) dan kolom 4 untuk arah vertikal (tegangan).



Gambar 3.6. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Analisa Teoritis Kolom CCS

9.1.4. Kolom Beton Terkekang Spiral yang dibungkus Fine Mesh (CCFMS)

Kolom CCFMS adalah kolom beton yang terkekang tulangan spiral BJTP $\varnothing 8 - 75$, yang mana tulangan spiral yang terpasang pada kolom CCFMS belum memenuhi syarat pengekanan untuk kolom yang memikul beban gempa sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.4 sehingga perlu dibungkus lagi menggunakan fine mesh pada bagian luar tulangan spiral agar total r_s -nya memenuhi syarat pengekanan yang setara dengan r_s pada kolom CCS.

Rasio tulangan transversal (ρ_s) kolom CCFMS sulit dibuat sama persis dengan ρ_s kolom CCS, karena setiap layer fine mesh mempunyai nilai r_s . Penentuan jumlah layer fine mesh sebanyak 2 layer pada kolom CCFMS adalah yang paling dekat dengan r_s kolom CCS, karena bila jumlah layer fine mesh dibuat menjadi 3 layer maka r_s kolom CCFMS akan jauh lebih tinggi dari r_s kolom CCS.

$$\begin{aligned} A_{sfm} &= m2 \times 1/4 \times \pi \times \varnothing^2 \\ &= 29 \times 1/4 \times \pi \times 4^2 \\ &= 364,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= m_1 \times 1/4 \times \pi \times \phi^2 \\
 &= 8 \times 1/4 \times \pi \times 7^2 \\
 &= 325,851 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

rasio tulangan spiral yang dibungkus *fine mesh* ekuivalen dengan rasio tulangan spiral untuk tpa kuat, dengan rincian perhitungan :

Tulangan spiral yang terpasang pada kolom bulat adalah $\phi 8 - 75$.

$$\begin{aligned}
 D_c &= D - \left[2 \left(\begin{array}{l} \text{x selimut beton} \\ \text{x } 15 \end{array} \right) - \left[8 \left(\begin{array}{l} \text{x } \phi \text{ fine mesh} \\ \text{x } 4 \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \phi \text{ tulangan spiral} \\ \text{x } 4,7 \end{array} \right) \right] \\
 &= 150 - 2 \times 15 - 8 \times 4 - 4,7 \\
 &= 83,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D'_c &= D - \left[2 \left(\begin{array}{l} \text{x selimut beton} \\ \text{x } 15 \end{array} \right) - \left[8 \left(\begin{array}{l} \text{x } \phi \text{ fine mesh} \\ \text{x } 4 \end{array} \right) \right] \\
 &= 150 - 2 \times 15 - 8 \times 4 \\
 &= 88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Rasio tulangan spiral yang terpasang adalah :

$$\begin{aligned}
 \rho_s \text{ terpasang} &= \frac{\left[\pi \times D_c \right] \times A_{sv}}{\left[\frac{1}{4} \times \pi \times D_c^2 \right] \times s} \\
 &= \frac{\left[\pi \times 83,3 \right] \times \left[\frac{1}{4} \right] \pi \times 4,7^2}{\left[\frac{1}{4} \times \pi \times 88^2 \right] \times 75} \\
 &= 0,00996 < \rho_s = 0,0186
 \end{aligned}$$

- *Layer 1 (lapisan dalam) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$\begin{aligned}
 D_{cfm} &= 150 - 15 - 15 - 4,7 - 4,7 - 4 = 106,6 \text{ mm} \\
 D'_{cfm} &= 150 - 15 - 15 - 4,7 - 4,7 = 110,6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Rasio *fine mesh* (ρ_{sfm}) untuk layer dalam adalah :

$$\begin{aligned}
 \rho_{sfm} &= \frac{\pi \times D_{cfm} \times A_{fm}}{\left[\frac{1}{4} \times \pi \times D'_{cfm}{}^2 \right] \times s} \\
 &= \frac{\pi \times 106,6 \times 12,5714}{\left[\frac{1}{4} \times \pi \times 110,6^2 \right] \times 50} \\
 &= 0,0088
 \end{aligned}$$

- *Layer 2 (lapisan luar) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$\begin{aligned}
 D_{cfm} &= 150 - 15 - 15 - 4 = 116 \text{ mm} \\
 D'_{cfm} &= 150 - 15 - 15 = 120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Rasio *fine mesh* (ρ_{sfm}) untuk layer dalam adalah :

$$\begin{aligned} \rho_{sfm} &= \left\{ \frac{\pi \times D_{cfm} \times A_{fm}}{\left[\frac{1}{4} \times \pi \right] \times \left[D'_{cfm} \right]^2} \right\} \times s \\ &= \left\{ \frac{\pi \times 116 \times 12,566}{\left[\frac{1}{4} \times \pi \right] \times 120^2} \right\} \times 50 \\ &= 0,0081 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rasio total} &= \rho_x = \rho_y = 0,00996 + 0,0088 + 0,0081 \\ \rho_{sfm} &= \rho_x = \rho_y = 0,0268 \end{aligned}$$

$$f'_{ix} = K_e \times \rho_x \times f_{yh} \quad (2.11)$$

$$f'_{iy} = K_e \times \rho_y \times f_{yh} \quad (2.12)$$

$$K_e = 1$$

$$\begin{aligned} f'_{ix} = f'_{iy} &= 1 \times 0,0268 \times 223,1200 \\ &= 5,685 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\frac{f'_{ix}}{f'_c} = \frac{f'_{iy}}{f'_c} = \frac{5,685}{17,97} = 0,3164$$

$$K = 1 + \left[2 \times \rho_{sfm} \right] \times \left[\frac{f_{yh}}{f'_c} \right] \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} K &= 1 + \left[2 \times 0,0268 \right] \times \left[\frac{223,1200}{17,97} \right] \\ &= 1,6828 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= \frac{f'_{cc}}{f'_c} \quad \Rightarrow \quad f'_{cc} = K \times f'_c \\ f'_{cc} &= 1,6828 \times 17,97 \\ &= 30,234 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\epsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + \left[5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \right\} \quad (2.18)$$

$$\begin{aligned} \epsilon'_{cc} &= 0,002 \times \left\{ 1 + \left[5 \times \left(\frac{30,234}{17,97} - 1 \right) \right] \right\} \\ &= 0,0088 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon'_{cu} &= 0,004 + 1,4 \rho_{sfm} \times f_{yfm} \times \left(\frac{\epsilon_{sm}}{f'_{cc}} \right) \quad (2.19) \\ &\rightarrow \rho_s = 0,02682 \end{aligned}$$

()

$$\begin{aligned}\epsilon'_{cu} &= 0 + 1 \times 0,0268 \times 223,12 \left(\frac{0,15}{30,234} \right) \\ &= 0,0456\end{aligned}$$

Beban maksimum kolom CCFMS adalah :

$$\begin{aligned}&= f'_{cc} \times \left[A_g \left(- A_s + \left\{ A_{sfm} \right\} + \left[A_s \times n \right] \right) + \left\{ A_{sfm} \times n \right\} \right] \\ &= 30,2342 \times 17679 - \left\{ 325,85 + 325,85 \right\} n + \left\{ 325,85 \times 10,039 \right\} \\ &\quad + 364,571 \times 10,0391 \\ &= 724354,2458 \text{ N} = 72,4354 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= \frac{1,17 \times \left[\left(5 \times f'_{cc} \right) - \left(4 \times f'_{cc} \right) \right]}{19922} \\ &= \frac{1,17 \times \left[\left(5 \times \frac{E_c}{30,234} \right) - \left(4 \times \frac{E_c}{30,234} \right) \right]}{19922} \\ &= 0,00178\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= \frac{f'_{cc}}{\epsilon_{ccj}} \\ &= \frac{30,234}{0,00178} = 17027,45652\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= \frac{E_c}{E_c - E_{sccj}} \\ &= \frac{19922,12413}{19922,1 - 17027} = 6,88235\end{aligned}$$

$$= \frac{4 \times 0,13}{150} = 0,00347$$

$$\begin{aligned}&= 0,011 \times E_{\text{beton}} \\ &= 0,011 \times 230000 = 2530 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$= \frac{f_{ju}}{E_{\text{beton}}} = \frac{2530}{230000} = 0,0110$$

Tabel 3.5. Tegangan Regangan Kolom Beton Terkekang Tulangan Spiral BJTP yang dibungkus Fine Mesh (CCFMS) menurut Mander, dkk.

No	ϵ'_{cc}	x	f'_{cc} (MPa)
1	2	3	4
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0002	0,1000	3,5374
3	0,0004	0,2000	7,0748
4	0,0005	0,3000	10,6118
5	0,0007	0,4000	14,1452
6	0,0009	0,5000	17,6616
7	0,0011	0,6000	21,1177

8	0,0012	0,7000	24,4055
9	0,0014	0,8000	27,3001
10	0,0016	0,9000	29,4151
11	0,0018	1,0000	30,2342
12	0,0027	1,5195	29,7807
13	0,0036	2,0390	29,3340
14	0,0045	2,5585	28,8940
15	0,0055	3,0780	28,4606
16	0,0064	3,5975	28,0337
17	0,0073	4,1170	27,6132
18	0,0082	4,6365	27,1990
19	0,0092	5,1560	26,7910
20	0,0101	5,6755	26,3891
21	0,0110	6,1950	25,9933

eterangan pengisian kolom pada Tabel 3.4

► Kolom 1
Nomor urut.

► Kolom 2
Regangan beton naik (no urut 1 s/d 11)

$$\epsilon_c = \frac{0,002}{10}$$

Regangan beton turun (no urut 11 s/d 13)

$$= \frac{3}{f_c} + \frac{0,002 \times f_c}{1000}$$

► Kolom 3

Rasio perbandingan regangan beton terhadap regangan saat tegangan

$$r = \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_{cc}} \quad (2.15)$$

$$\epsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + \left[5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f_c} - 1 \right) \right] \right\}$$

► Kolom 4

Kuat tekan beton kolom

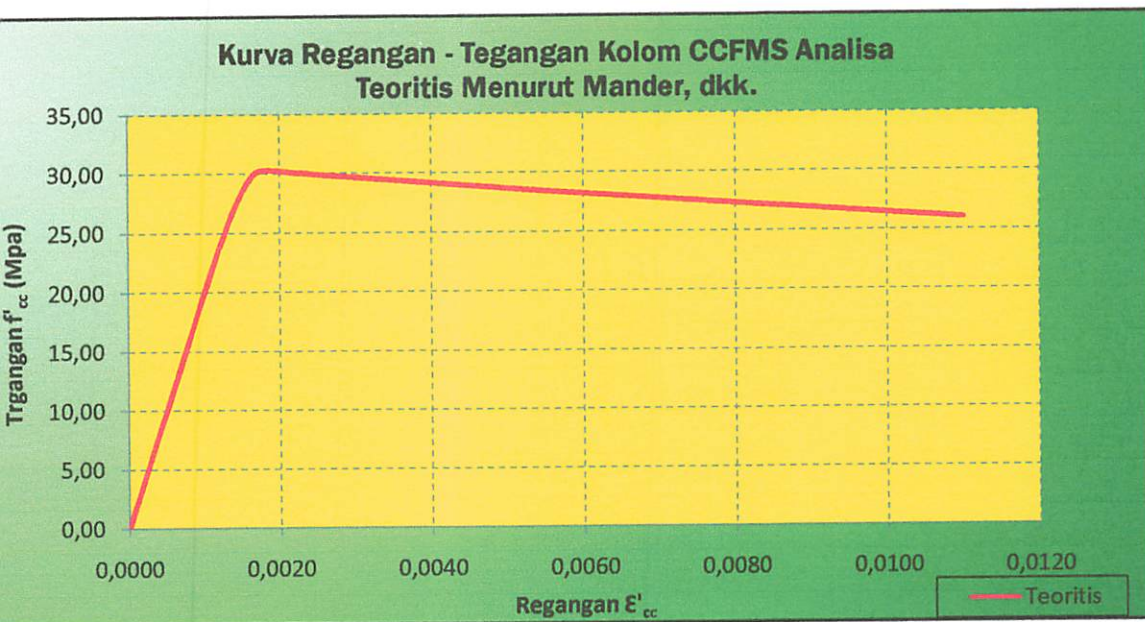
$$f_c = \frac{f'_{cc} \times r \times 1 + r}{r \times 1 + r} \quad (2.14)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{scc}} \quad (2.16)$$

$$E_{scc} = \frac{f'_{cc}}{\epsilon'_{cc}}$$

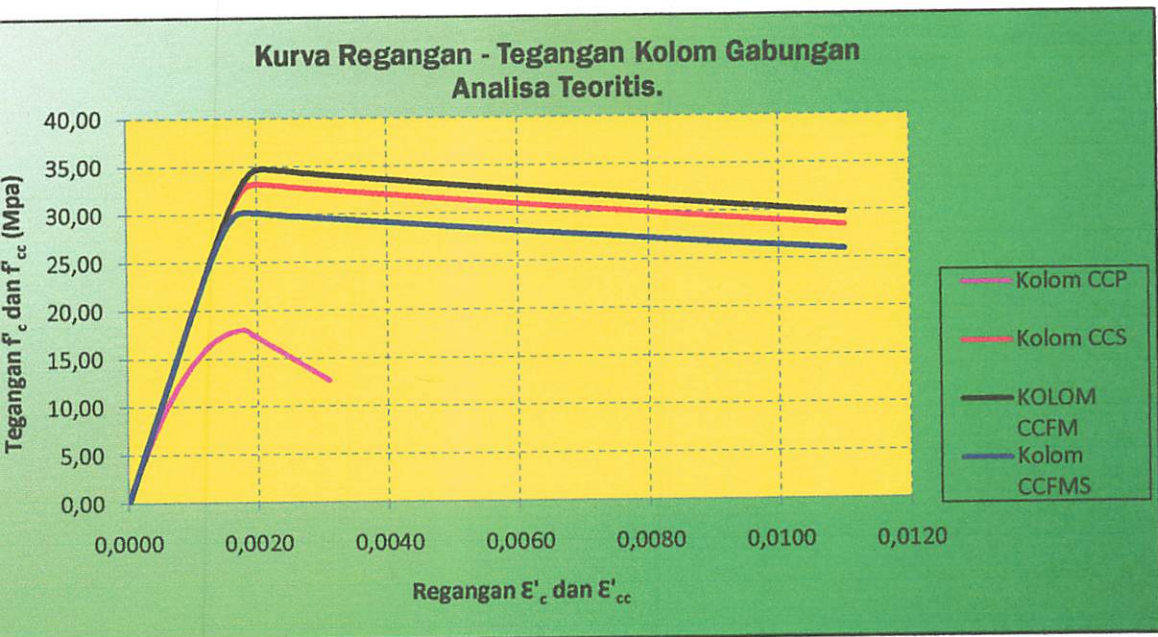
$$f'_{cc} = K \times f'_c \quad (2.17)$$

Kurva tegangan-regangan beton kolom terkekang *tulangan spiral* yang dibungkus dengan mesh (CCFMS) yang terlihat pada Gambar 3.7. di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.5 yaitu angka-angka pada kolom 2 untuk arah horisontal (regangan) dan kolom 4 untuk arah vertikal (tegangan).



Gambar 3.7. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Analisa Teoritis Kolom CCFMS

Gambar 3.8 adalah gambar kurva tegangan-regangan hasil analisa teoritis kolom CCP (Gambar 3.3), CCFM (Gambar 3.4), CCS (Gambar 3.5), dan CCFMS (Gambar 3.6) yang digabungkan ke dalam satu kurva. Terlihat pada kurva, kolom beton polos (CCP) yang tak terkekang (unconfined) mempunyai tegangan dan regangan puncak yang lebih kecil daripada kolom beton yang terkekang (confined). Kolom beton polos setelah mencapai tegangan maksimum mengalami keruntuhan, sedangkan kolom beton terkekang setelah mencapai tegangan maksimum masih mengalami displacement yang besar hingga mencapai regangan ultimit kemudian baru mengalami keruntuhan.



Gambar 3.7. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton Analisa Teoritis Gabungan

Mengacu pada Tabel 3.6. terlihat bahwa hasil analisa teoritis kolom CCFM mempunyai efektifitas pengekanan yang cukup baik bila dibanding dengan kolom CCP, sedangkan CCS dan CCFMS mempunyai nilai peningkatan kuat tekan (f'_{cc}), regangan puncak beton terkekang (ϵ'_{cc}) dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) mempunyai nilai yang relatif hampir sama.

Tabel 3.6. Hasil Perhitungan Tegangan-Regangan Teoritis

Type Kolom	ρ_s	Teoritis				Perbedaan (%)	
		f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}	P_{maks} (ton)	f'_{cc}	ϵ'_{cc}
CCP	-	17,9670	0,0018	0,0031	31,7631	100	100
CCFM	0,0081	34,7285	0,0020	0,0110	72,8395	-93,29054	-13,07497
CCS	0,03321	33,1555	0,0019	0,0110	62,7755	4,5295251	4,5295251
CCFMS	0,02682	30,2342	0,0018	0,0110	72,4354	8,8107498	8,8107498

HASIL EKSPERIMEN

PENGAMATAN

LAMPIRAN L IV

LAMPIRAN L 4.1

TABEL PENGUJIAN

TARIK BAJA DAN FINE MESH

Tabel 4.1 Pengujian tarik baja tulangan dan *fine mesh*

Diameter Pengenal (mm)	Diameter Pengukuran (mm)	Kuat Lelah (MPa)	Kuat Putus (MPa)	Regangan maksimum (%)
8	5,6	342	445	73,06
10	7,2	349	444	52,71
8	4,7	223	310	51,82
<i>fine mesh</i>	4	469,5	652	-
<i>fine mesh</i>	4	470,3	652	-
<i>fine mesh</i>	4	470,3	652	-

LAMPIRAN L 4.2

HASIL EKSPERIMENTAL

Tabel 4.2. Hasil tegangan-regangan analisa eksperimen

No.	Tipe Kolom	ρ_s	Eksperimen			Perbedaan (%)		
			f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}	f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}
1	CCP	0	15,9798	0,0021	0,0033	0	0	0
2	CCFM	0,0081	28,9899	0,0031	0,0083	44,88	32,08	60,37
3	CCS	0,0320	28,3111	0,0040	0,0092	-2,40	22,63	9,82
4	CCFMS	0,027	27,9152	0,0035	0,0097	-1,42	-13,54	5,25

LAMPIRAN L.4.3

TABEL VALIDASI

ANALISA TEORITIS DAN EKSPERIMENTAL

Tabel 4.3. Validasi hasil analisa teoritis dan eksperimen

No.	Tipe Kolom	Analisa Teoritis			Analisa Eksperimen		
		f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}	f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}
1	CCP	17,9670	0,0018	0,0031	15,9798	0,0021	0,0033
2	CCFM	34,7285	0,0020	0,0110	28,9899	0,0031	0,0083
3	CCS	33,1555	0,0019	0,0110	28,3111	0,0040	0,0092
4	CCFMS	30,2342	0,0018	0,0110	27,9152	0,0035	0,0097

LAMPIRAN L 4.4

GRAFIK EKSPERIMENTAL CCP

TABEL L4.4-A

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON POLOS (CCP-1)

	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	17679	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	17679	0,56566	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	1	2	260	17679	1,13131	0,00004	0,00008	5,77E-05
3	3	3	260	17679	1,69697	0,00012	0,00012	1,15E-04
4	3	4	260	17679	2,26263	0,00012	0,00015	1,35E-04
5	5	5	260	17679	2,82828	0,00019	0,00019	1,92E-04
6	6	7	260	17679	3,39394	0,00023	0,00027	2,50E-04
7	8	9	260	17679	3,95960	0,00031	0,00035	3,27E-04
8	9	10	260	17679	4,52525	0,00035	0,00038	3,65E-04
9	11	12	260	17679	5,09091	0,00042	0,00046	4,42E-04
10	13	14	260	17679	5,65657	0,00050	0,00054	5,19E-04
11	14	15	260	17679	6,22222	0,00054	0,00058	5,58E-04
12	15	16	260	17679	6,78788	0,00058	0,00062	5,96E-04
13	17	17	260	17679	7,35354	0,00065	0,00065	6,54E-04
14	18	18	260	17679	7,91919	0,00069	0,00069	6,92E-04
15	19	20	260	17679	8,48485	0,00073	0,00077	7,50E-04
16	20	22	260	17679	9,05051	0,00077	0,00085	8,08E-04
17	22	24	260	17679	9,61616	0,00085	0,00092	8,85E-04
18	25	25	260	17679	10,18182	0,00096	0,00096	9,62E-04
19	26	27	260	17679	10,74747	0,00100	0,00104	1,02E-03
20	28	29	260	17679	11,31313	0,00108	0,00112	1,10E-03
21	30	31	260	17679	11,87879	0,00115	0,00119	1,17E-03
22	32	33	260	17679	12,44444	0,00123	0,00127	1,25E-03
23	34	35	260	17679	13,01010	0,00131	0,00135	1,33E-03
24	35	36	260	17679	13,57576	0,00135	0,00138	1,37E-03
25	37	38	260	17679	14,14141	0,00142	0,00146	1,44E-03
26	39	40	260	17679	14,70707	0,00150	0,00154	1,52E-03
27	42	45	260	17679	15,27273	0,00162	0,00173	1,67E-03
28	48	48	260	17679	15,83838	0,00185	0,00185	1,85E-03
29	55	53	260	17679	16,40404	0,00212	0,00204	2,08E-03
28	57	58	260	17679	15,83838	0,00219	0,00223	2,21E-03
27	58	61	260	17679	15,27273	0,00223	0,00235	2,29E-03
26	65	66	260	17679	14,70707	0,00250	0,00254	2,52E-03
25	72	71	260	17679	14,14141	0,00277	0,00273	2,75E-03
24	76	79	260	17679	13,57576	0,00292	0,00304	2,98E-03
22	88	85	260	17679	12,44444	0,00338	0,00327	3,33E-03

terangan Kolom :

1 = Beban Aksial

2 = Displacement pada DIAL 1

3 = Displacement pada DIAL 2

4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan

5 = Luas penampang beton

6 = Kuat Tekan Beton

7 = Regangan beton pada DIAL1

8 = Regangan beton pada DIAL 2

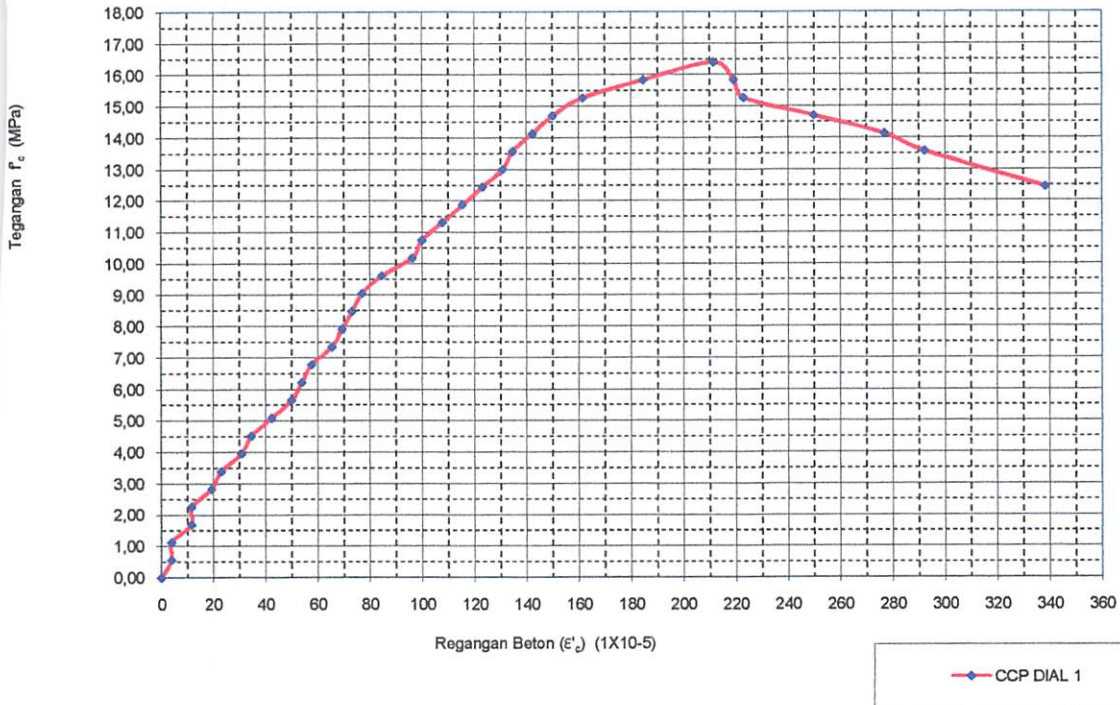
9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

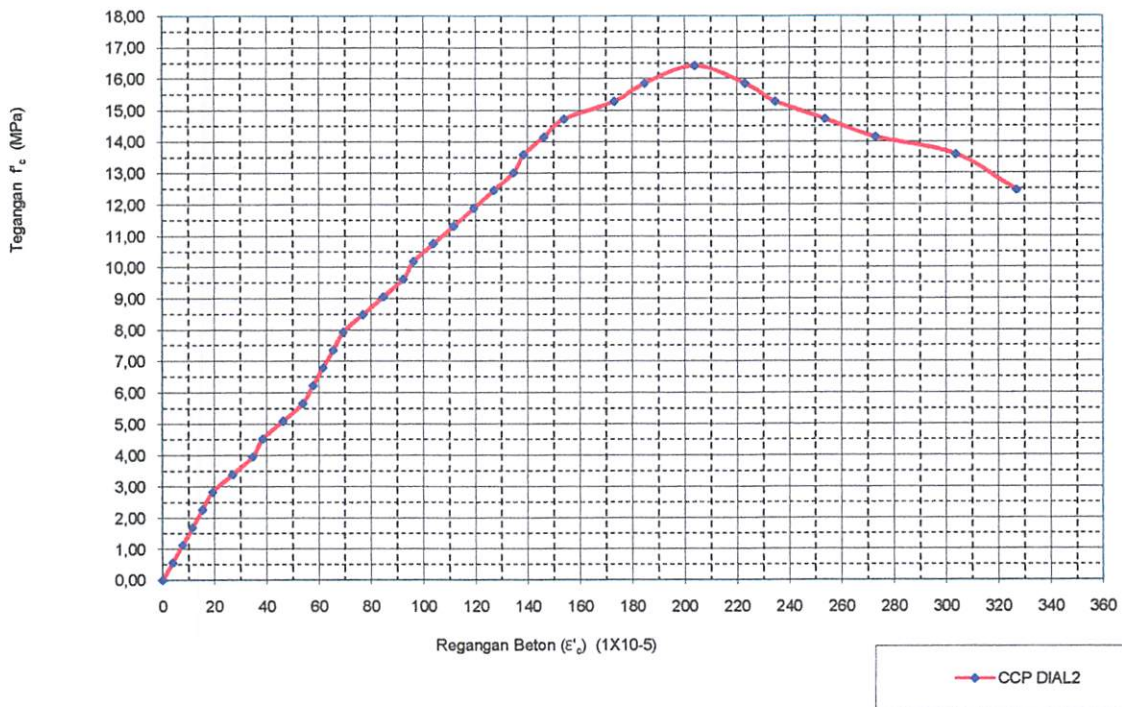
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

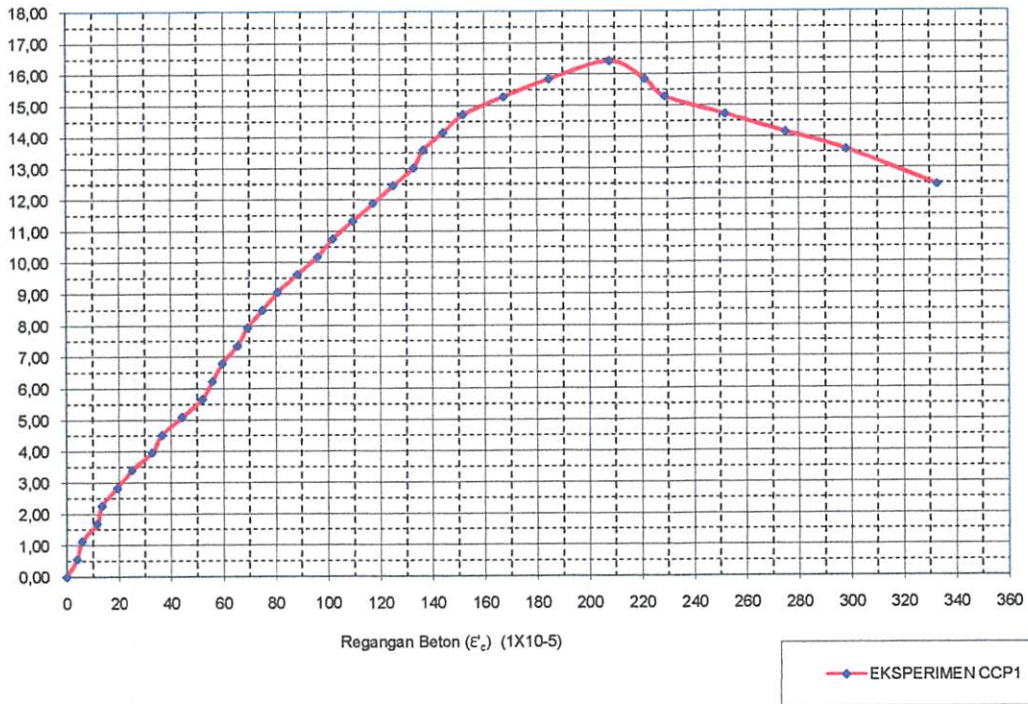
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCP1 DIAL 1



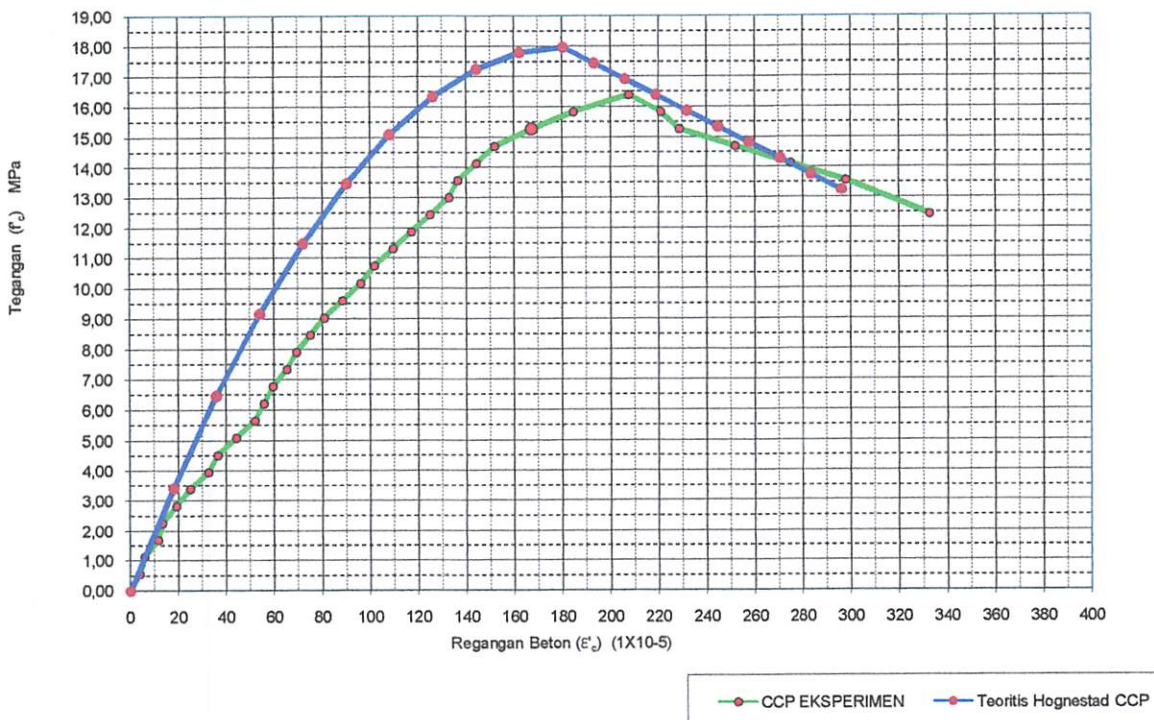
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCP1 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCP1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton Polos (CCP1)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL L4.4-B

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON POLOS (CCP-2)

	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A_g (mm ²)	f'_c (Mpa)	ϵ_{c1}	ϵ_{c2}	ϵ_c rata-rata
	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	17679	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	17679	0,56566	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	1	2	260	17679	1,13131	0,00004	0,00008	5,77E-05
3	3	3	260	17679	1,69697	0,00012	0,00012	1,15E-04
4	3	4	260	17679	2,26263	0,00012	0,00015	1,35E-04
5	5	5	260	17679	2,82828	0,00019	0,00019	1,92E-04
6	6	7	260	17679	3,39394	0,00023	0,00027	2,50E-04
7	8	9	260	17679	3,95960	0,00031	0,00035	3,27E-04
8	9	10	260	17679	4,52525	0,00035	0,00038	3,65E-04
9	11	12	260	17679	5,09091	0,00042	0,00046	4,42E-04
10	13	14	260	17679	5,65657	0,00050	0,00054	5,19E-04
11	14	15	260	17679	6,22222	0,00054	0,00058	5,58E-04
12	15	16	260	17679	6,78788	0,00058	0,00062	5,96E-04
13	17	17	260	17679	7,35354	0,00065	0,00065	6,54E-04
14	18	18	260	17679	7,91919	0,00069	0,00069	6,92E-04
15	19	20	260	17679	8,48485	0,00073	0,00077	7,50E-04
16	20	22	260	17679	9,05051	0,00077	0,00085	8,08E-04
17	22	24	260	17679	9,61616	0,00085	0,00092	8,85E-04
18	25	25	260	17679	10,18182	0,00096	0,00096	9,62E-04
19	26	27	260	17679	10,74747	0,00100	0,00104	1,02E-03
20	28	29	260	17679	11,31313	0,00108	0,00112	1,10E-03
21	31	32	260	17679	11,87879	0,00119	0,00123	1,21E-03
22	32	34	260	17679	12,44444	0,00123	0,00131	1,27E-03
23	34	35	260	17679	13,01010	0,00131	0,00135	1,33E-03
24	35	36	260	17679	13,57576	0,00135	0,00138	1,37E-03
25	37	38	260	17679	14,14141	0,00142	0,00146	1,44E-03
26	39	40	260	17679	14,70707	0,00150	0,00154	1,52E-03
27	42	45	260	17679	15,27273	0,00162	0,00173	1,67E-03
28	47	46	260	17679	15,83838	0,00181	0,00177	1,79E-03
29	55	53	260	17679	15,55556	0,00212	0,00204	2,08E-03
30	57	58	260	17679	14,70707	0,00219	0,00223	2,21E-03
31	59	60	260	17679	14,14141	0,00227	0,00231	2,29E-03
32	65	66	260	17679	13,57576	0,00250	0,00254	2,52E-03
33	72	71	260	17679	13,01010	0,00277	0,00273	2,75E-03
34	76	79	260	17679	12,44444	0,00292	0,00304	2,98E-03
35	84	85	260	17679	11,87879	0,00323	0,00327	3,25E-03

Legenda Kolom :

1 = Beban Aksial

2 = Displacement pada DIAL 1

3 = Displacement pada DIAL 2

4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan

5 = Luas penampang beton

6 = Kuat Tekan Beton

7 = Regangan beton pada DIAL 1

8 = Regangan beton pada DIAL 2

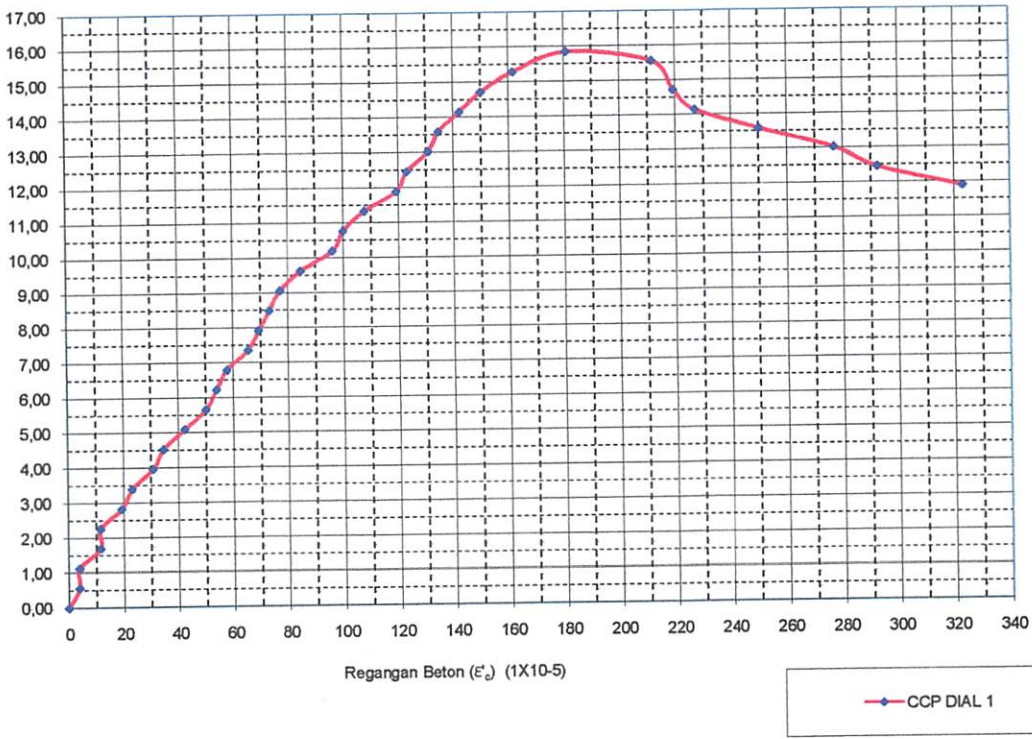
9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

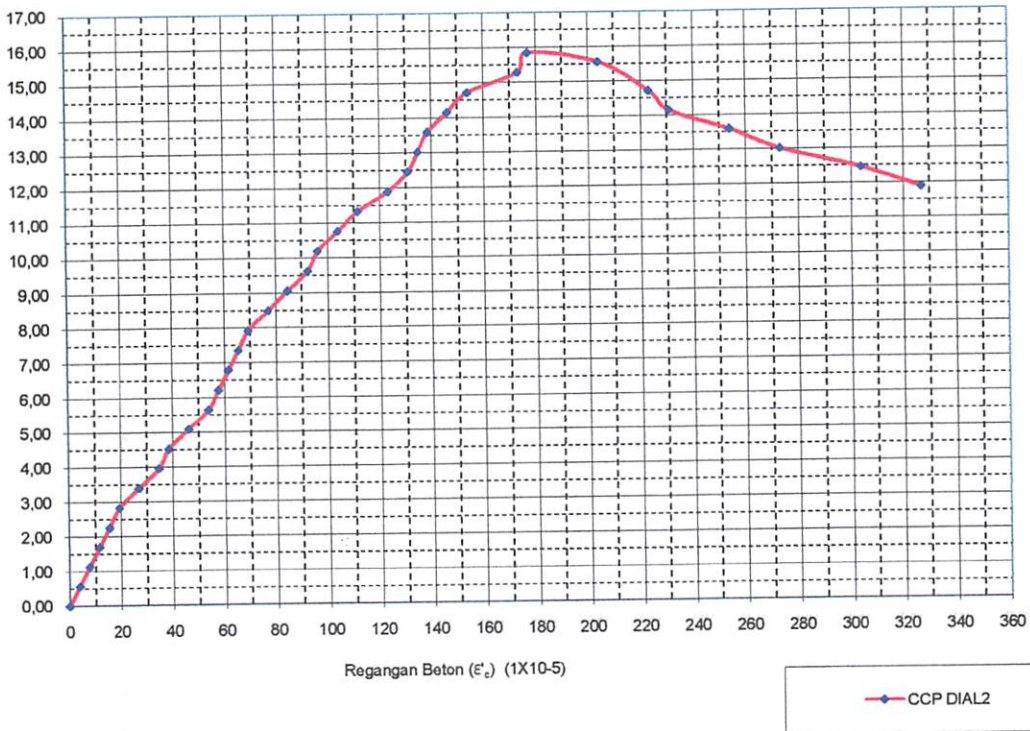
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

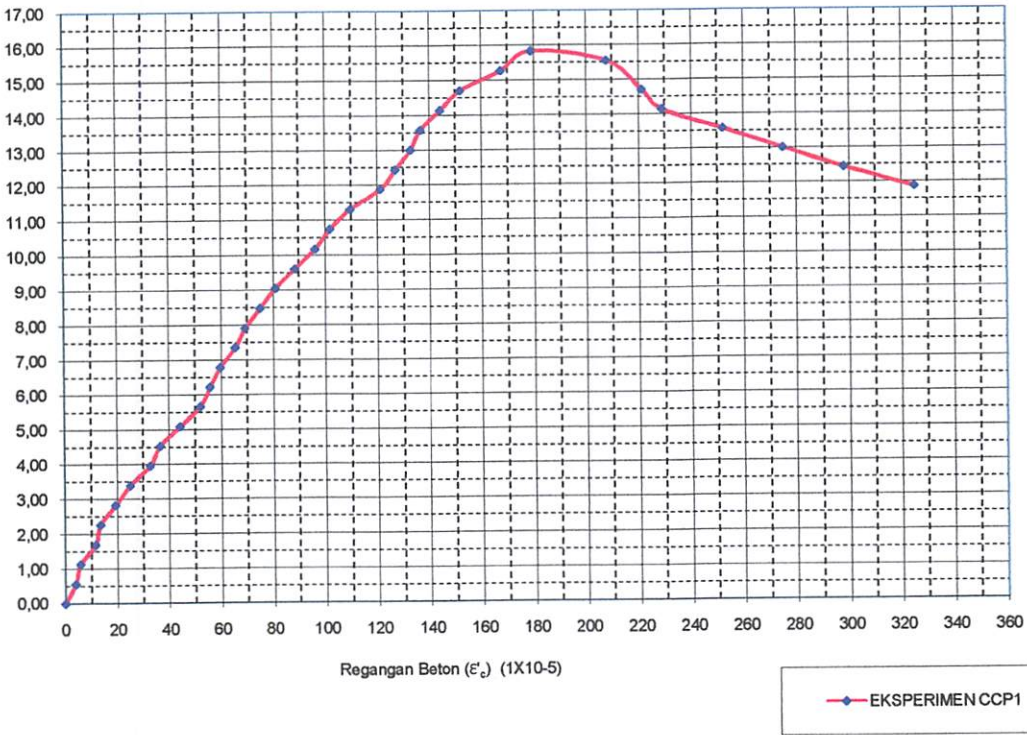
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCP2 DIAL 1



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCP2 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCP2



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton Polos (CCP2)
Analisis Teoritis dan Eksperimen

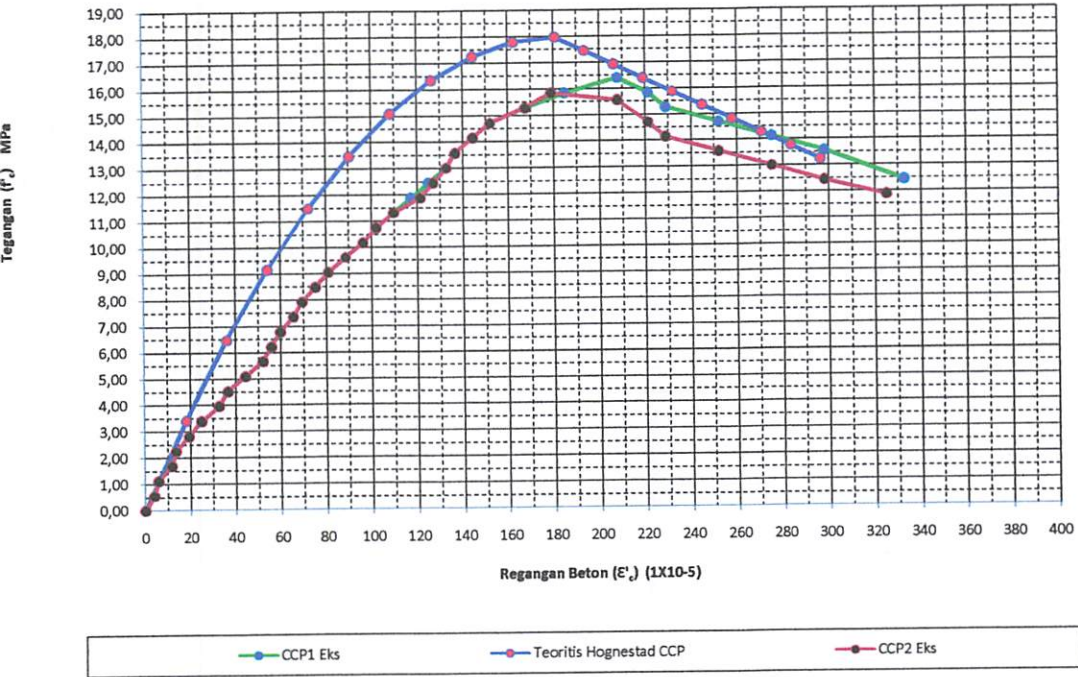


TABEL RATA-RATA CCP

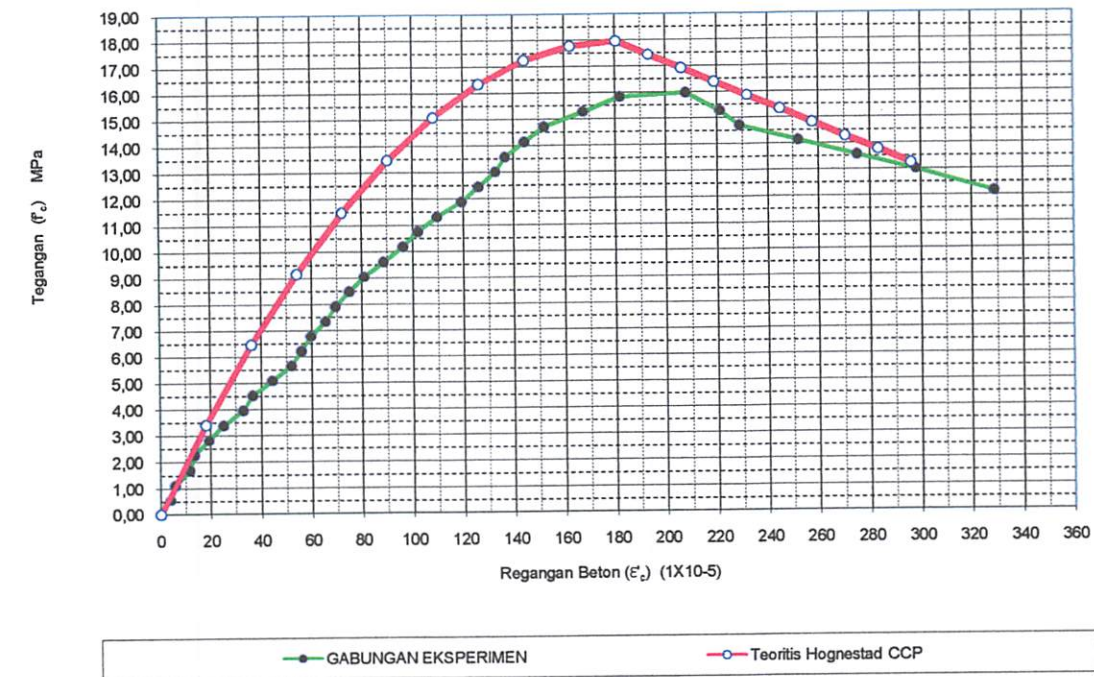
cc (pa)	εC rata-rata
	2
0000	0,0000000
566	0,0000385
131	0,0000577
697	0,0001154
263	0,0001346
828	0,0001923
394	0,0002500
960	0,0003269
2525	0,0003654
9091	0,0004423
6657	0,0005192
2222	0,0005577
3788	0,0005962
3354	0,0006538
919	0,0006923
3485	0,0007500
5051	0,0008077
1616	0,0008846
8182	0,0009615
4747	0,0010192
1313	0,0010962
7879	0,0011923
4444	0,0012596
1010	0,0013269
7576	0,0013654
4141	0,0014423
0707	0,0015192
27273	0,0016731
33838	0,0018173
7980	0,0020769
27273	0,0022115
0707	0,0022885
4141	0,0025192
7576	0,0027500
1010	0,0029808
16162	0,0032885

P Maks
28,50

Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton Polos (CCP)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton Polos (CCP)
Analisis Teoritis dan Eksperimen Rata-Rata



LAMPIRAN L 4.5

GRAFIK EKSPERIMENTAL CCS

TABEL L4.5-A

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (CCS-1)

	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	17679	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	2	1	260	17679	0,56566	0,00008	0,00004	5,77E-05
2	4	3	260	17679	1,13131	0,00015	0,00012	1,35E-04
3	8	7	260	17679	1,69697	0,00031	0,00027	2,88E-04
4	10	9	260	17679	2,26263	0,00038	0,00035	3,65E-04
5	12	11	260	17679	2,82828	0,00046	0,00042	4,42E-04
6	14	13	260	17679	3,39394	0,00054	0,00050	5,19E-04
7	17	15	260	17679	3,95960	0,00065	0,00058	6,15E-04
8	22	21	260	17679	4,52525	0,00085	0,00081	8,27E-04
9	24	24	260	17679	5,09091	0,00092	0,00092	9,23E-04
10	28	26	260	17679	5,65657	0,00108	0,00100	1,04E-03
11	31	30	260	17679	6,22222	0,00119	0,00115	1,17E-03
12	33	34	260	17679	6,78788	0,00127	0,00131	1,29E-03
13	36	36	260	17679	7,35354	0,00138	0,00138	1,38E-03
14	40	39	260	17679	7,91919	0,00154	0,00150	1,52E-03
15	42	41	260	17679	8,48485	0,00162	0,00158	1,60E-03
16	45	44	260	17679	9,05051	0,00173	0,00169	1,71E-03
17	48	49	260	17679	9,61616	0,00185	0,00188	1,87E-03
18	50	51	260	17679	10,18182	0,00192	0,00196	1,94E-03
19	51	53	260	17679	10,74747	0,00196	0,00204	2,00E-03
20	52	54	260	17679	11,31313	0,00200	0,00208	2,04E-03
21	53	55	260	17679	11,87879	0,00204	0,00212	2,08E-03
22	54	56	260	17679	12,44444	0,00208	0,00215	2,12E-03
23	55	56	260	17679	13,01010	0,00212	0,00215	2,13E-03
24	57	57	260	17679	13,57576	0,00219	0,00219	2,19E-03
25	59	58	260	17679	14,14141	0,00227	0,00223	2,25E-03
26	60	61	260	17679	14,70707	0,00231	0,00235	2,33E-03
27	62	63	260	17679	15,27273	0,00238	0,00242	2,40E-03
28	64	65	260	17679	15,83838	0,00246	0,00250	2,48E-03
29	65	65	260	17679	16,40404	0,00250	0,00250	2,50E-03
30	69	71	260	17679	16,96970	0,00265	0,00273	2,69E-03
31	71	71	260	17679	17,53535	0,00273	0,00273	2,73E-03
32	72	72	260	17679	18,10101	0,00277	0,00277	2,77E-03
33	73	73	260	17679	18,66667	0,00281	0,00281	2,81E-03
34	77	75	260	17679	19,23232	0,00296	0,00288	2,92E-03
35	79	77	260	17679	19,79798	0,00304	0,00296	3,00E-03
36	80	79	260	17679	20,36364	0,00308	0,00304	3,06E-03
37	81	81	260	17679	20,92929	0,00312	0,00312	3,12E-03
38	82	82	260	17679	21,49495	0,00315	0,00315	3,15E-03
39	83	82	260	17679	22,06061	0,00319	0,00315	3,17E-03
40	84	84	260	17679	22,62626	0,00323	0,00323	3,23E-03
41	85	86	260	17679	23,19192	0,00327	0,00331	3,29E-03
42	86	87	260	17679	23,75758	0,00331	0,00335	3,33E-03
43	87	88	260	17679	24,32323	0,00335	0,00338	3,37E-03
44	88	89	260	17679	24,88889	0,00338	0,00342	3,40E-03
45	89	89	260	17679	25,45455	0,00342	0,00342	3,42E-03
46	90	91	260	17679	26,02020	0,00346	0,00350	3,48E-03
47	91	92	260	17679	26,58586	0,00350	0,00354	3,52E-03
48	94	93	260	17679	27,15152	0,00362	0,00358	3,60E-03
49	96	95	260	17679	27,71717	0,00369	0,00365	3,67E-03
50	98	97	260	17679	28,28283	0,00377	0,00373	3,75E-03
51	99	99	260	17679	28,84848	0,00381	0,00381	3,81E-03
52	101	100	260	17679	29,41414	0,00388	0,00385	3,87E-03
51	104	101	260	17679	28,84848	0,00400	0,00388	3,94E-03
50	110	113	260	17679	28,28283	0,00423	0,00435	4,29E-03
49	133	132	260	17679	27,71717	0,00512	0,00508	5,10E-03
48	147	148	260	17679	27,15152	0,00565	0,00569	5,67E-03
47	163	161	260	17679	26,58586	0,00627	0,00619	6,23E-03
45	187	183	260	17679	25,45455	0,00719	0,00704	7,12E-03
43	200	202	260	17679	24,32323	0,00769	0,00777	7,73E-03

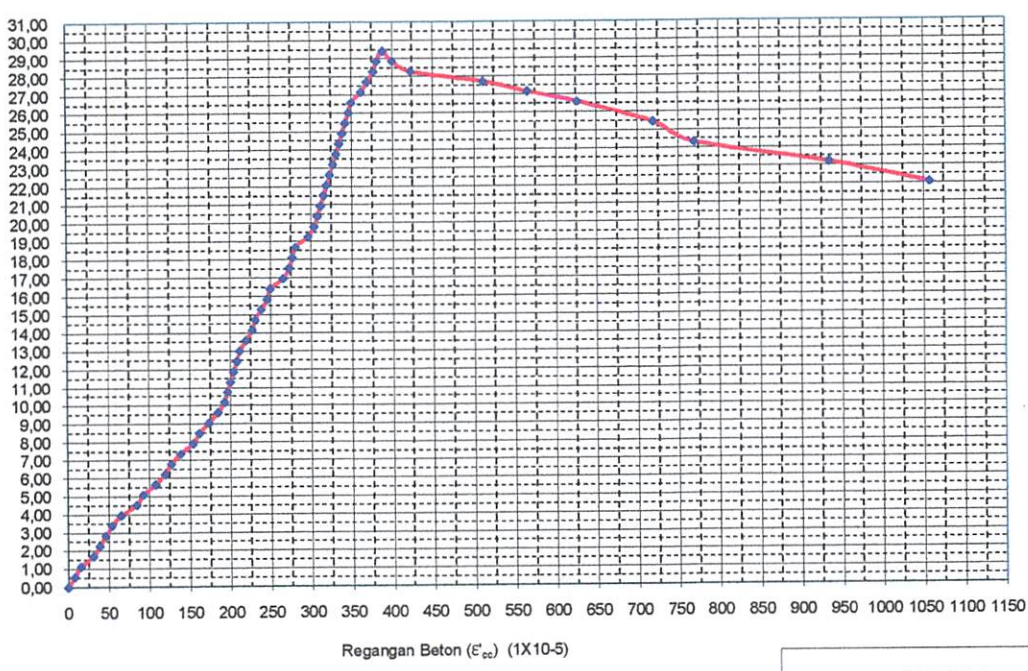
1	243	242	260	17679	23,19192	0,00935	0,00931	9,33E-03
9	275	270	260	17679	22,06061	0,01058	0,01038	1,05E-02

gan Kolom :

- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada DIAL 1
- 3 = Displacement pada DIAL 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan
- 5 = Luas penampang beton
- 6 = Kuat Tekan Beton
- 7 = Regangan beton pada DIAL1
- 8 = Regangan beton pada DIAL 2
- 9 = Regangan beton rata-rata

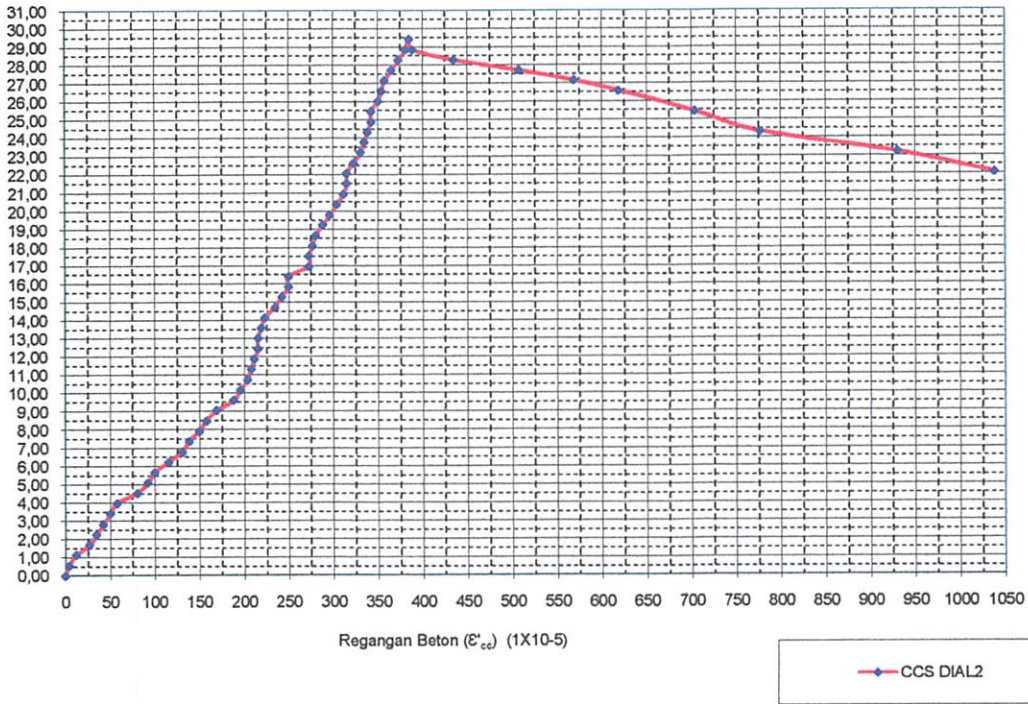
Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak
 Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak
 Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCS1 DIAL 1

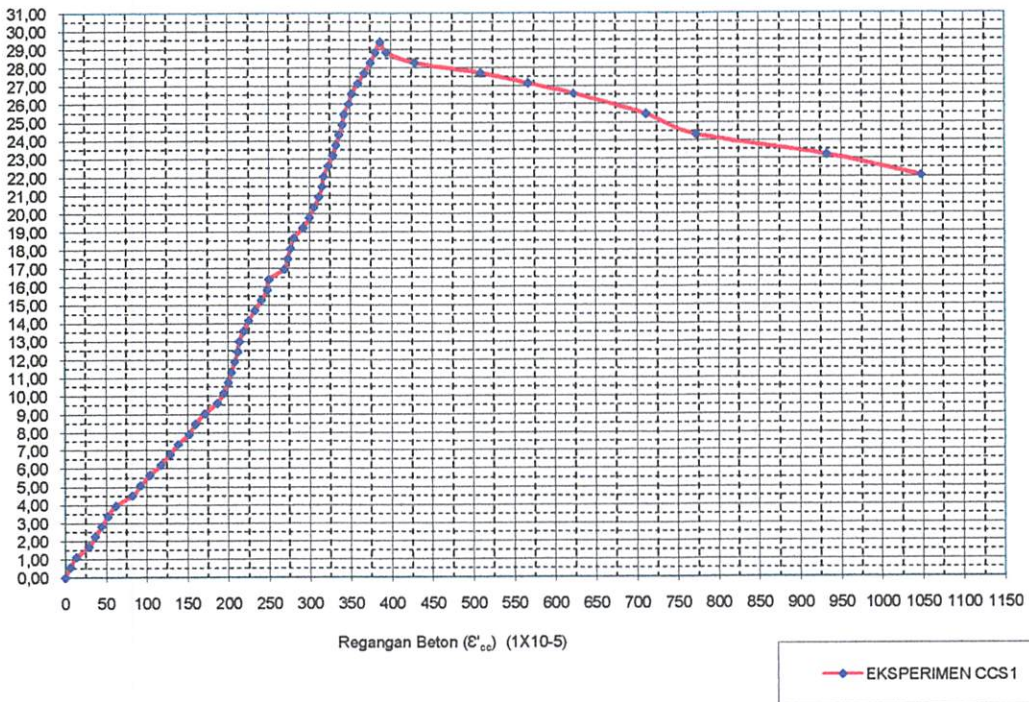


—●— CCS DIAL 1

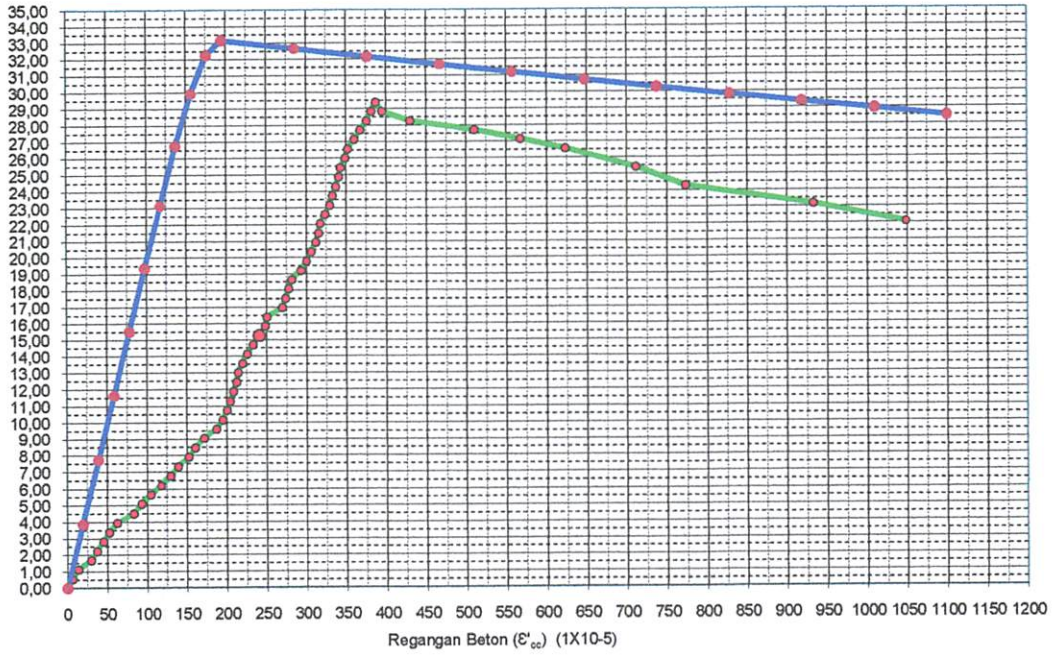
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCS1 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCS1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCS1)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



—●— CCS EKSPERIMEN —●— Teoritis Hognestad CCS

TABEL L4.5-B**ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (CCS-2)**

	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	17679	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	17679	0,56566	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	3	260	17679	1,13131	0,00008	0,00012	9,62E-05
3	4	7	260	17679	1,69697	0,00015	0,00027	2,12E-04
4	7	9	260	17679	2,26263	0,00027	0,00035	3,08E-04
5	9	11	260	17679	2,82828	0,00035	0,00042	3,85E-04
6	13	13	260	17679	3,39394	0,00050	0,00050	5,00E-04
7	17	15	260	17679	3,95960	0,00065	0,00058	6,15E-04
8	22	21	260	17679	4,52525	0,00085	0,00081	8,27E-04
9	24	24	260	17679	5,09091	0,00092	0,00092	9,23E-04
10	28	26	260	17679	5,65657	0,00108	0,00100	1,04E-03
11	31	30	260	17679	6,22222	0,00119	0,00115	1,17E-03
12	33	34	260	17679	6,78788	0,00127	0,00131	1,29E-03
13	36	36	260	17679	7,35354	0,00138	0,00138	1,38E-03
14	40	39	260	17679	7,91919	0,00154	0,00150	1,52E-03
15	42	41	260	17679	8,48485	0,00162	0,00158	1,60E-03
16	45	42	260	17679	9,05051	0,00173	0,00162	1,67E-03
17	48	44	260	17679	9,61616	0,00185	0,00169	1,77E-03
18	49	47	260	17679	10,18182	0,00188	0,00181	1,85E-03
19	51	49	260	17679	10,74747	0,00196	0,00188	1,92E-03
20	52	51	260	17679	11,31313	0,00200	0,00196	1,98E-03
21	53	55	260	17679	11,87879	0,00204	0,00212	2,08E-03
22	54	56	260	17679	12,44444	0,00208	0,00215	2,12E-03
23	55	56	260	17679	13,01010	0,00212	0,00215	2,13E-03
24	56	57	260	17679	13,57576	0,00215	0,00219	2,17E-03
25	59	58	260	17679	14,14141	0,00227	0,00223	2,25E-03
26	60	61	260	17679	14,70707	0,00231	0,00235	2,33E-03
27	62	63	260	17679	15,27273	0,00238	0,00242	2,40E-03
28	64	65	260	17679	15,83838	0,00246	0,00250	2,48E-03
29	65	65	260	17679	16,40404	0,00250	0,00250	2,50E-03
30	69	71	260	17679	16,96970	0,00265	0,00273	2,69E-03
31	71	71	260	17679	17,53535	0,00273	0,00273	2,73E-03
32	72	72	260	17679	18,10101	0,00277	0,00277	2,77E-03
33	73	73	260	17679	18,66667	0,00281	0,00281	2,81E-03
34	77	75	260	17679	19,23232	0,00296	0,00288	2,92E-03
35	79	77	260	17679	19,79798	0,00304	0,00296	3,00E-03
36	80	79	260	17679	20,36364	0,00308	0,00304	3,06E-03
37	81	81	260	17679	20,92929	0,00312	0,00312	3,12E-03
38	82	82	260	17679	21,49495	0,00315	0,00315	3,15E-03
39	83	82	260	17679	22,06061	0,00319	0,00315	3,17E-03
40	84	84	260	17679	22,62626	0,00323	0,00323	3,23E-03
41	85	86	260	17679	23,19192	0,00327	0,00331	3,29E-03
42	86	87	260	17679	23,75758	0,00331	0,00335	3,33E-03
43	87	88	260	17679	24,32323	0,00335	0,00338	3,37E-03
44	88	89	260	17679	24,88889	0,00338	0,00342	3,40E-03
45	89	89	260	17679	25,45455	0,00342	0,00342	3,42E-03
46	90	91	260	17679	26,02020	0,00346	0,00350	3,48E-03
47	91	92	260	17679	26,58586	0,00350	0,00354	3,52E-03
48	94	93	260	17679	27,15152	0,00362	0,00358	3,60E-03
49	96	95	260	17679	27,71717	0,00369	0,00365	3,67E-03
50	98	97	260	17679	28,28283	0,00377	0,00373	3,75E-03
9,1	106	107	260	17679	27,77374	0,00408	0,00412	4,10E-03
48	114	117	260	17679	27,15152	0,00438	0,00450	4,44E-03
47	136	136	260	17679	26,58586	0,00523	0,00523	5,23E-03
45	148	150	260	17679	25,45455	0,00569	0,00577	5,73E-03
44	163	162	260	17679	24,88889	0,00627	0,00623	6,25E-03
43	187	183	260	17679	24,32323	0,00719	0,00704	7,12E-03
41	205	202	260	17679	23,19192	0,00788	0,00777	7,83E-03
40	243	242	260	17679	22,62626	0,00935	0,00931	9,33E-03
37	280	275	260	17679	20,92929	0,01077	0,01058	1,07E-02

an Kolom :

- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada DIAL 1
- 3 = Displacement pada DIAL 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan
- 5 = Luas penampang beton

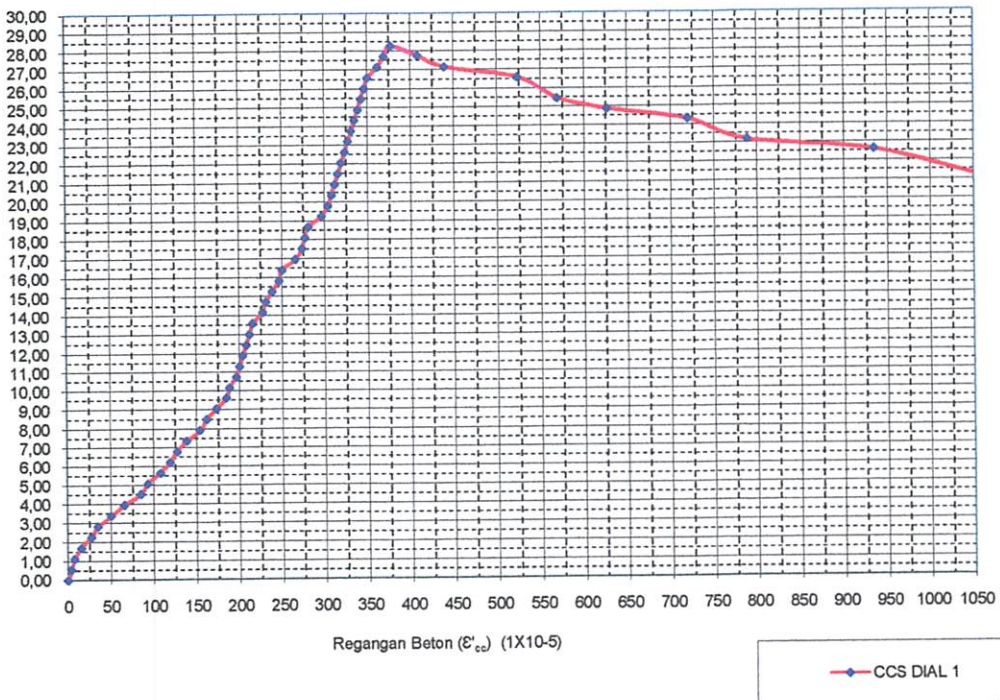
- 6 = Kuat Tekan Beton
- 7 = Regangan beton pada DIAL1
- 8 = Regangan beton pada DIAL 2
- 9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

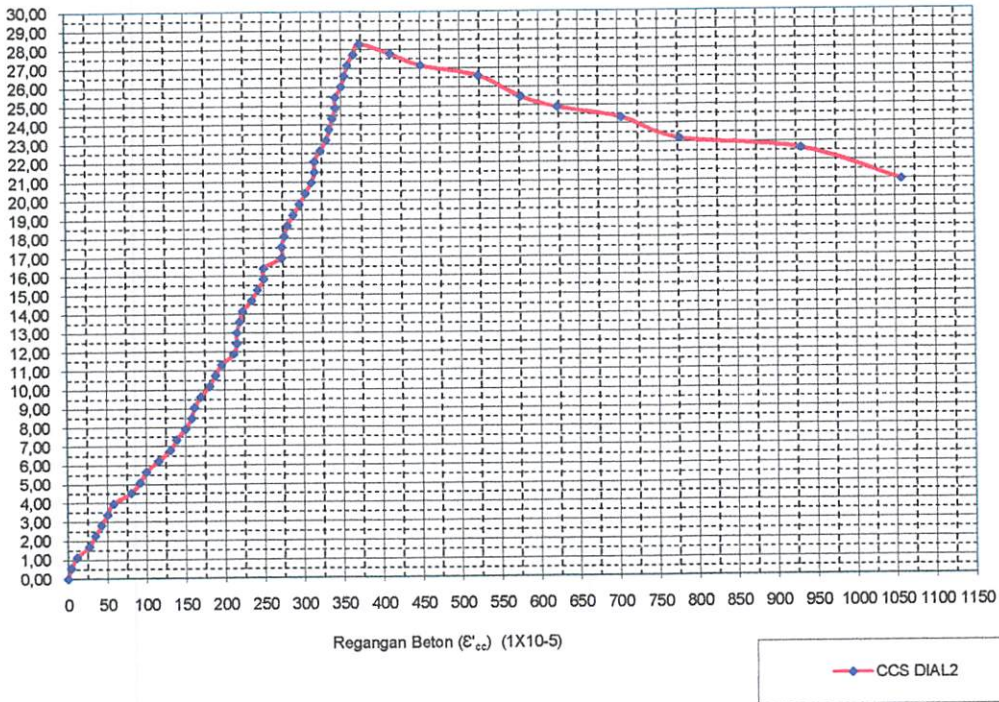
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

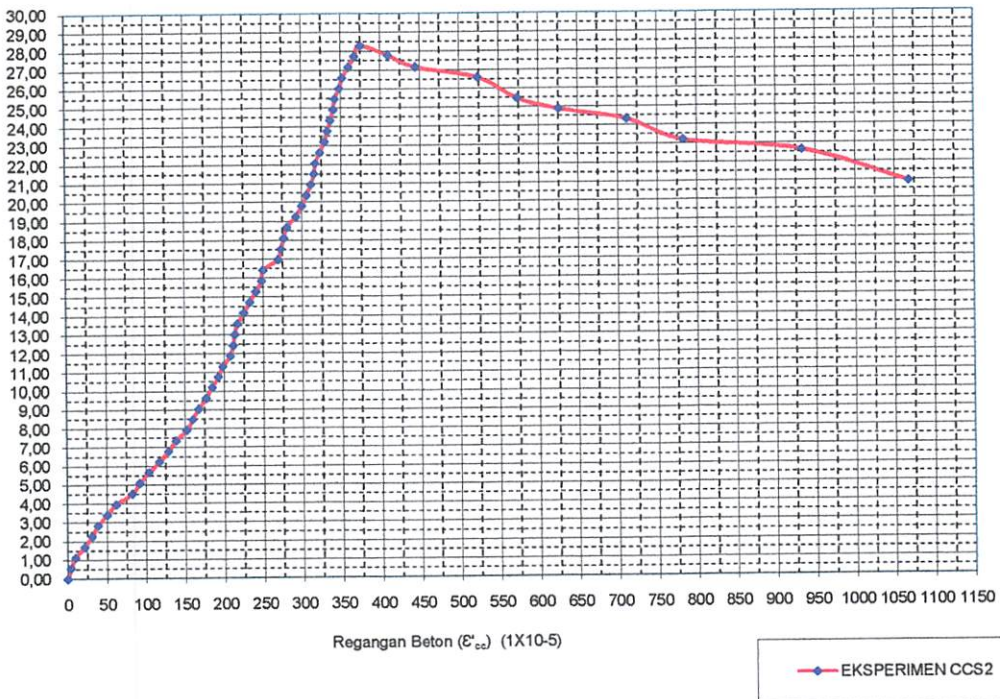
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCS2 DIAL 1



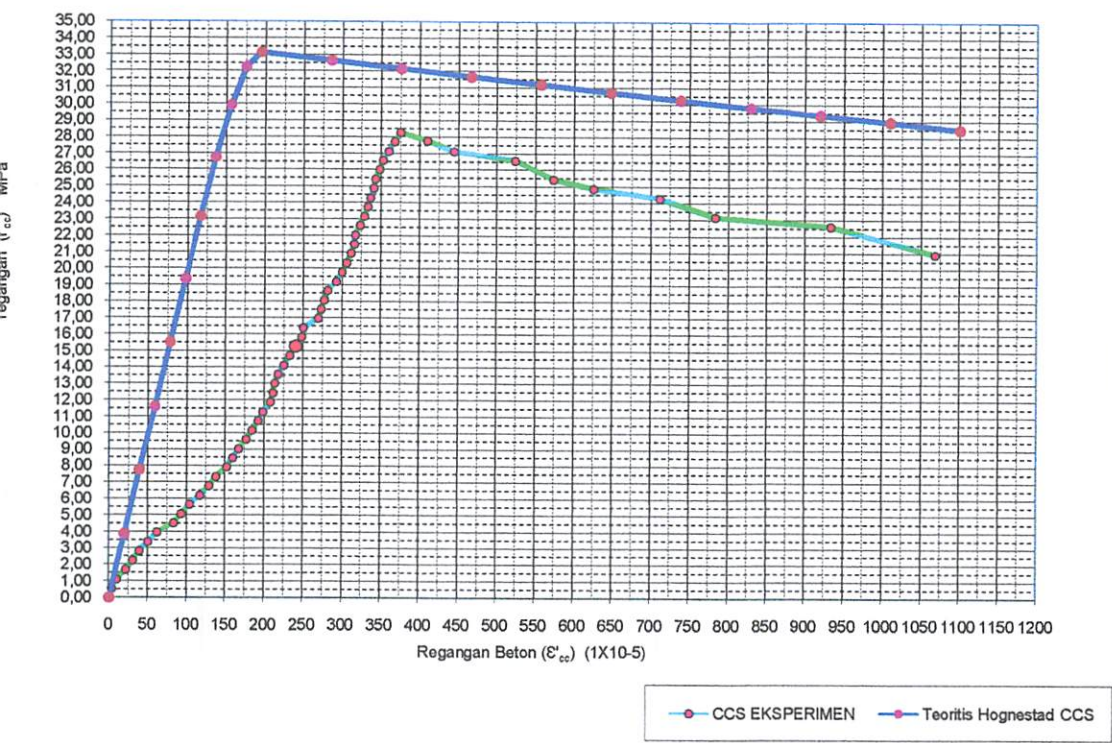
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCS2 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCS2



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCS2) Analisis Teoritis dan Eksperimen

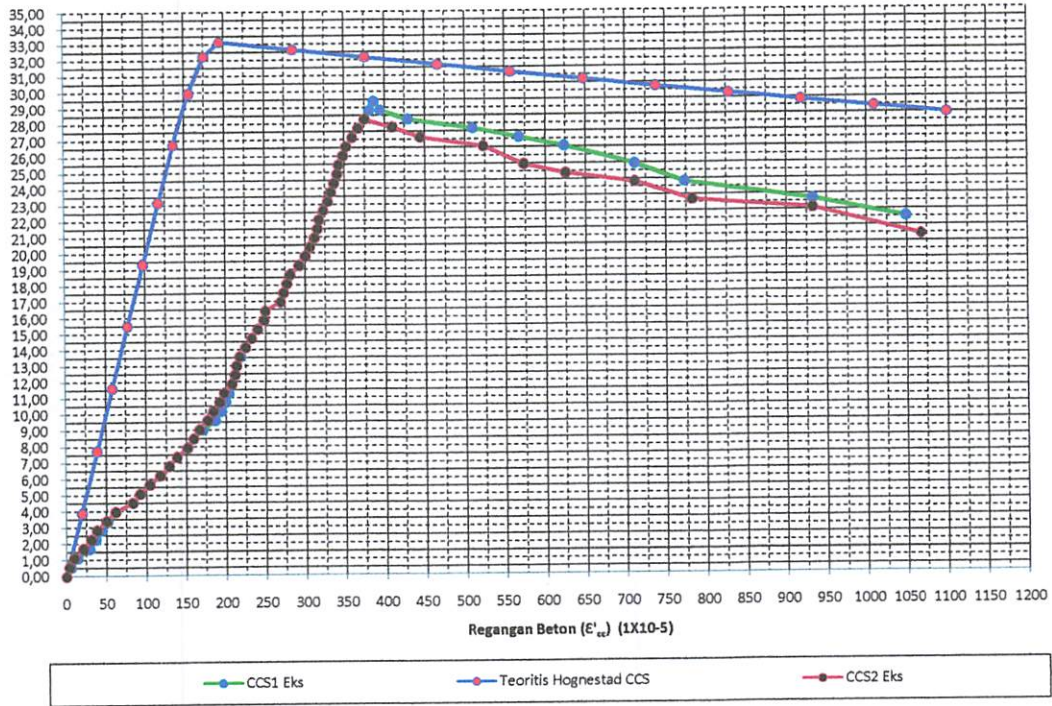


TABEL RATA-RATA CCS

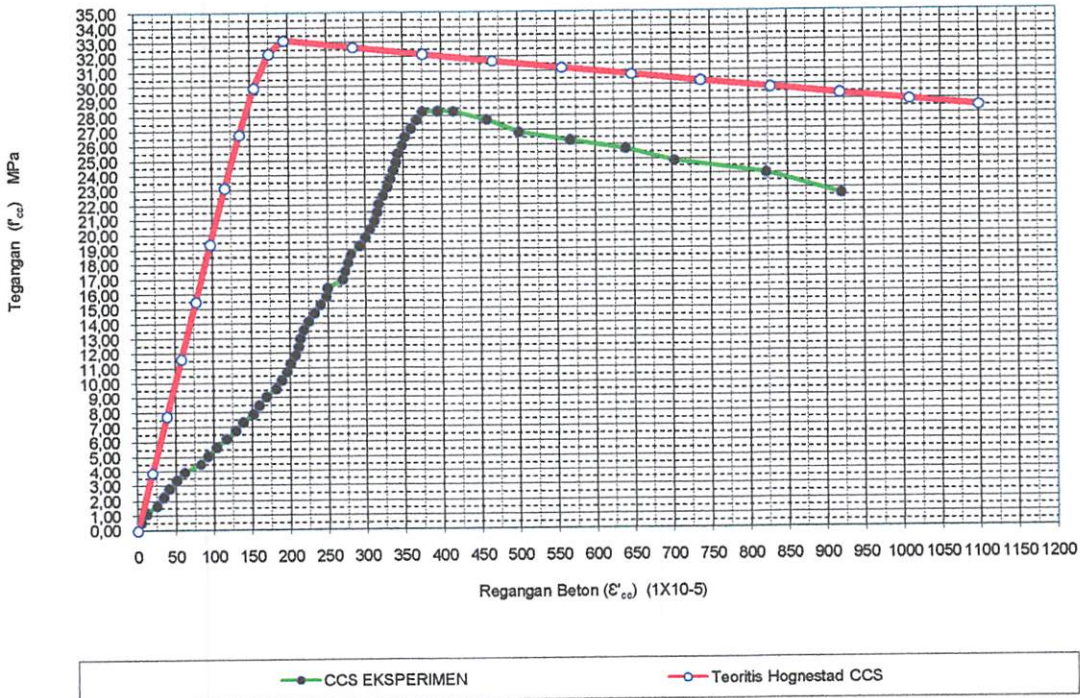
cc (pa)	cc rata-rata
	2
0000	0,00000000
0566	0,0000481
01131	0,0001154
0697	0,0002500
0263	0,0003365
0828	0,0004135
0394	0,0005096
0960	0,0006154
0525	0,0008269
09091	0,0009231
06657	0,0010385
0222	0,0011731
03788	0,0012885
0354	0,0013846
0919	0,0015192
08485	0,0015962
05051	0,0016923
01616	0,0018173
08182	0,0018942
04747	0,0019615
01313	0,0020096
07879	0,0020769
04444	0,0021154
01010	0,0021346
07576	0,0021827
04141	0,0022500
0707	0,0023269
07273	0,0024038
033838	0,0024808
00404	0,0025000
06970	0,0026923
03535	0,0027308
0101	0,0027692
06667	0,0028077
023232	0,0029231
079798	0,0030000
06364	0,0030577
02929	0,0031154
09495	0,0031538
06061	0,0031731
052626	0,0032308
019192	0,0032885
075758	0,0033269
032323	0,0033654
088889	0,0034038
045455	0,0034231
02020	0,0034808
058586	0,0035192
015152	0,0035962
071717	0,0036731
028283	0,0037500
031111	0,0039519
028283	0,0041538
071717	0,0045865
086869	0,0050096
030303	0,0056731
073737	0,0063942
088889	0,0070288
04040	0,0082212
062626	0,0092019

P Maks
51,00

Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCS)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCS)
Analisis Teoritis dan Eksperimen Rata-Rata



ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON TERKEKANG TULANGAN SPIRAL (CCS)

Es = 200000
Ec = 19922.12
n = 10,04

Mpa
Mpa

P (ton)	LVDT1 (mm)	LVDT2 (mm)	Strain Gauge	L (mm)	A _g - A _s (mm ²)	A _s n (mm ²)	A _{total} (mm ²)	A _{spiral} (mm ²)	f _c Mpa	f _s Spiral (Mpa)	ε _c 1	ε _c 2	ε _c 2 rata-rata	ε _s 1 SG
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0,00000	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	0,000	0,000	0,000000	0,00000	0	0,000000
1	2	1	0,05319	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	0,503	4,052	0,000008	0,00004	5,77E-05	0,000020
2	4	3	0,04655	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	1,006	3,546	0,00015	0,00012	0,000135	0,000018
3	8	7	0,04714	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	1,509	3,591	0,00031	0,00027	0,000288	0,000018
4	10	9	0,06211	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	2,012	4,731	0,00038	0,00035	0,000365	0,000024
5	12	11	0,05612	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	2,515	4,275	0,00046	0,00042	0,000442	0,000021
6	14	13	0,06387	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	3,018	4,865	0,00054	0,00050	0,000519	0,000024
7	17	15	0,08288	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	3,521	6,314	0,00065	0,00058	0,000615	0,000032
8	22	21	0,08919	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	4,024	6,795	0,00085	0,00081	0,000827	0,000034
9	24	24	0,14414	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	4,527	10,981	0,00092	0,00092	0,000923	0,000055
10	28	26	0,10560	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	5,030	8,045	0,00108	0,00100	0,001038	0,000040
11	31	30	0,10163	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	5,533	7,742	0,00119	0,00115	0,001173	0,000039
12	33	34	0,11230	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	6,036	8,555	0,00127	0,00131	0,001288	0,000043
13	36	36	0,10469	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	6,539	7,975	0,00138	0,00138	0,001385	0,000040
14	40	39	0,09551	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	7,042	7,276	0,00154	0,00150	0,001519	0,000036
15	42	41	0,09974	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	7,545	7,598	0,00162	0,00158	0,001596	0,000038
16	45	44	0,10286	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	8,048	7,836	0,00173	0,00169	0,001712	0,000039
17	48	49	0,11374	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	8,551	8,664	0,00185	0,00188	0,001865	0,000043
18	50	51	0,11745	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	9,054	8,947	0,00192	0,00196	0,001942	0,000045
19	51	53	0,11185	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	9,558	8,521	0,00196	0,00204	0,002	0,000043
20	52	54	0,11497	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	10,061	8,759	0,00200	0,00208	0,002038	0,000044
21	53	55	0,08913	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	10,564	6,790	0,00204	0,00212	0,002077	0,000034
22	54	56	0,08932	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	11,067	6,805	0,00208	0,00215	0,002115	0,000034
23	55	56	0,07676	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	11,570	5,847	0,00212	0,00215	0,002135	0,000029
24	57	57	0,09036	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	12,073	6,884	0,00219	0,00219	0,002192	0,000034
25	59	58	0,08952	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	12,576	6,819	0,00227	0,00223	0,00225	0,000034
26	60	61	0,12656	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	13,079	9,642	0,00231	0,00235	0,002327	0,000048
27	62	63	0,13991	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	13,582	10,658	0,00238	0,00242	0,002404	0,000053
28	64	65	0,11829	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	14,085	9,012	0,00246	0,00250	0,002481	0,000045
29	65	65	0,14499	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	14,588	11,045	0,00250	0,00250	0,0025	0,000055
30	69	71	0,15475	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	15,091	11,789	0,00265	0,00273	0,002692	0,000059
31	71	71	0,15202	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	15,594	11,581	0,00273	0,00273	0,002731	0,000058
32	72	72	0,18092	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	16,097	13,783	0,00277	0,00277	0,002769	0,000069

33	73	73	0,18802	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	17,105	18,063	0,00304	0,00296	0,003	0,000090
34	77	75	0,21185	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	17,606	18,063	0,00304	0,00296	0,003	0,000090
35	79	77	0,23711	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	18,109	20,721	0,00308	0,00304	0,003058	0,000104
36	80	79	0,27201	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	18,612	22,928	0,00312	0,00312	0,003115	0,000115
37	81	81	0,30098	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	19,115	25,884	0,00315	0,00315	0,003154	0,000129
38	82	82	0,33978	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	19,618	28,498	0,00319	0,00315	0,003173	0,000142
39	83	82	0,37409	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	20,121	28,498	0,00323	0,00323	0,003231	0,000142
40	84	84	0,37409	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	20,624	33,344	0,00327	0,00331	0,003288	0,000167
41	85	86	0,43770	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	21,127	40,704	0,00331	0,00335	0,003327	0,000204
42	86	87	0,53431	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	21,630	51,256	0,00335	0,00338	0,003365	0,000256
43	87	88	0,67283	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	22,133	53,418	0,00338	0,00342	0,003404	0,000267
44	88	89	0,70121	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	22,636	54,240	0,00342	0,00342	0,003423	0,000271
45	89	89	0,71200	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	23,139	55,087	0,00346	0,00350	0,003481	0,000275
46	90	91	0,72311	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	23,642	55,925	0,00350	0,00354	0,003519	0,000280
47	91	92	0,73412	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	24,145	56,787	0,00362	0,00358	0,003596	0,000284
48	94	93	0,74543	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	24,648	57,602	0,00369	0,00365	0,003673	0,000288
49	96	95	0,75613	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	25,151	60,276	0,00377	0,00373	0,00375	0,000301
50	98	97	0,79123	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	25,654	61,875	0,00381	0,00381	0,003808	0,000309
51	99	99	0,81222	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	26,157	63,331	0,00388	0,00385	0,003865	0,000317
52	101	100	0,83133	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	26,654	63,543	0,00400	0,00388	0,003942	0,000318
51	104	101	0,83412	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	25,151	63,619	0,00423	0,00435	0,004288	0,000318
50	110	113	0,83512	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	24,648	64,076	0,00512	0,00508	0,005096	0,000320
49	133	132	0,84111	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	24,145	64,167	0,00565	0,00569	0,005673	0,000321
48	147	148	0,84231	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	23,642	64,229	0,00627	0,00619	0,006231	0,000321
47	163	161	0,84312	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	22,636	64,464	0,00719	0,00704	0,007115	0,000322
45	187	183	0,84621	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	21,630	64,847	0,00769	0,00777	0,007731	0,000324
43	200	202	0,85123	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	20,624	65,615	0,00935	0,00931	0,009327	0,000328
41	243	242	0,86131	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	19,618	66,370	0,01058	0,01038	0,010481	0,000332
39	275	270	0,87122	260	17427,17	2452,452	19879,62	17,34945	18,612	66,370	0,01058	0,01038	0,010481	0,000332

Keterangan Kolom :

1 = Beban Aksial

2 = Displacement pada LVDT 1

3 = Displacement pada LVDT 2

4 = Pembacaan regangan pada strain gauge

5 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan beton

6 = Luas penampang kolom

7 = Luas Penampang Tulangan Spiral BJTP

8 = Kuat Tekan Beton

9 = Kuat Leleh Tulangan Spiral BJTP

10 = Regangan beton pada LVDT 1

11 = Regangan beton pada LVDT 2

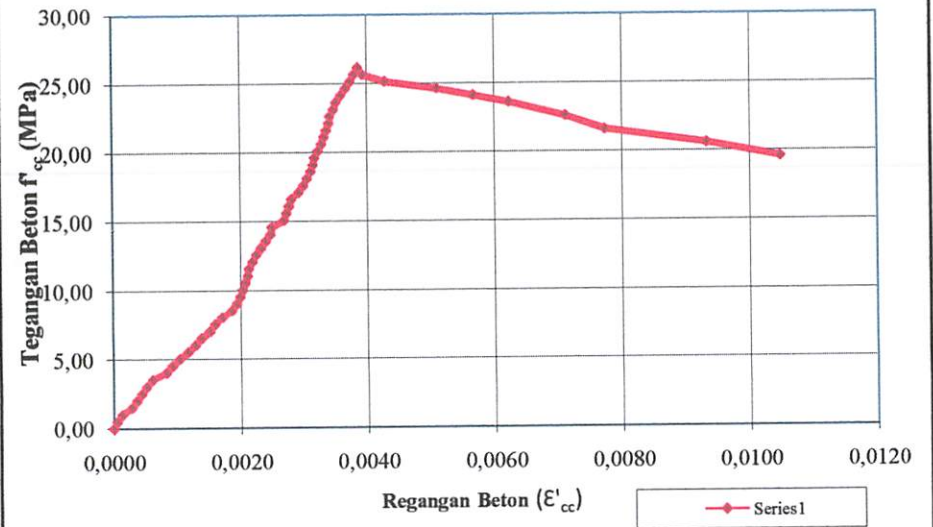
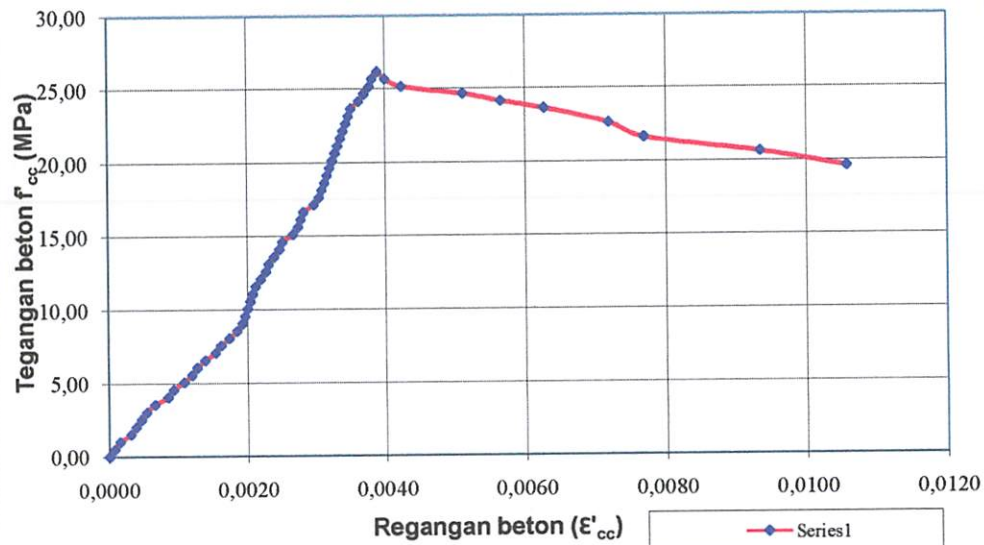
12 = Regangan beton rata-rata

13 = Regangan Baja Tulangan Spiral BJTP

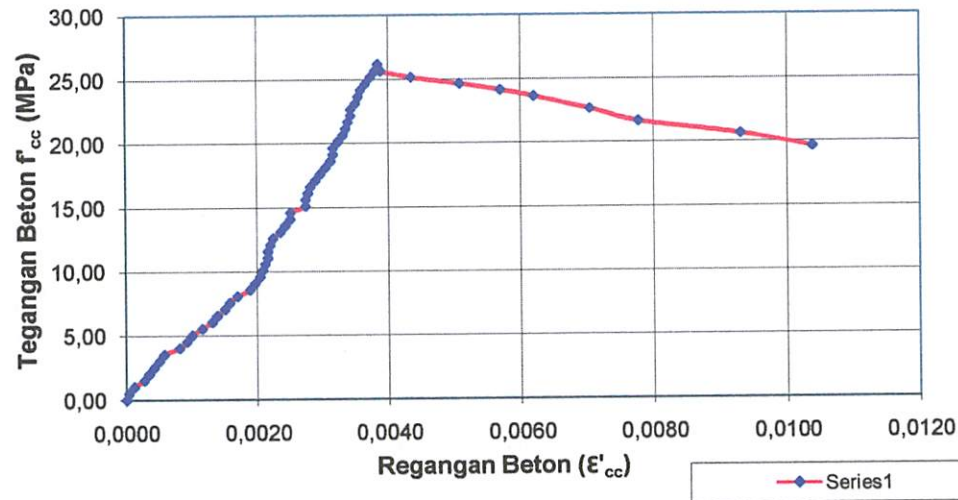
Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

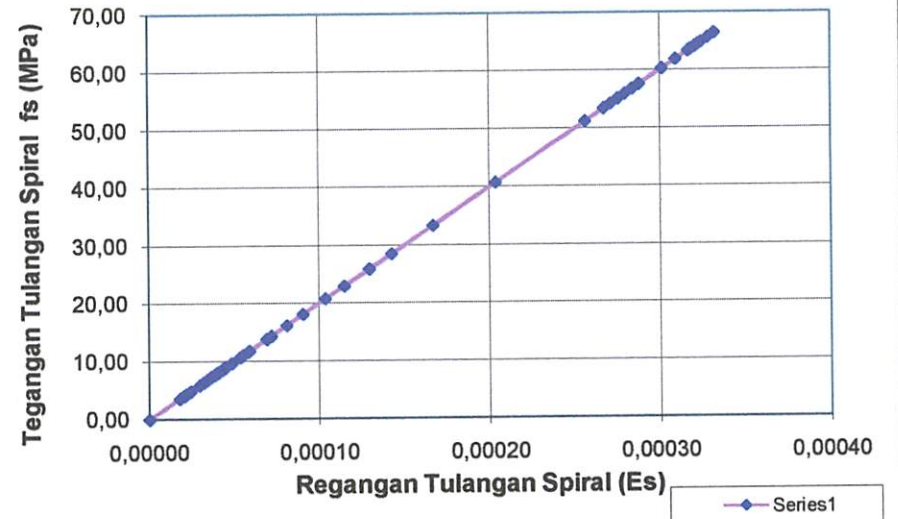
Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom



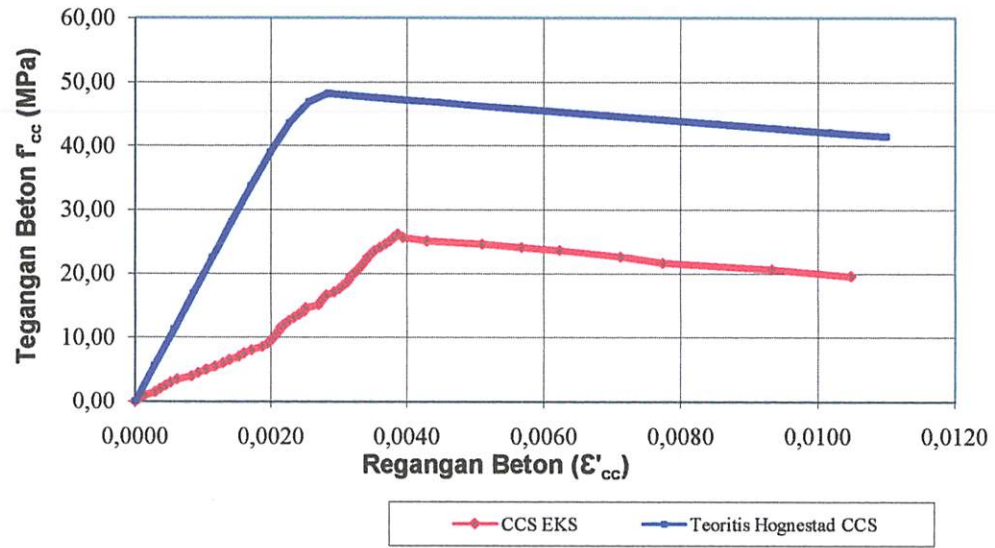
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCS LVDT2



Kurva Tegangan-Regangan Tulangan Spiral Kolom CCS



Kurva Tegangan Regangan Beton Kolom CCS Analisis Teoritis dan Eksperimen



LAMPIRAN L 4.6

GRAFIK EKSPERIMENTAL CCFM

TABEL L4.6-A

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (CCFM-1)

	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	17679	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	17679	0,56566	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	3	260	17679	1,13131	0,00008	0,00012	9,62E-05
3	5	5	260	17679	1,69697	0,00019	0,00019	1,92E-04
4	6	6	260	17679	2,26263	0,00023	0,00023	2,31E-04
5	7	7	260	17679	2,82828	0,00027	0,00027	2,69E-04
6	8	7	260	17679	3,39394	0,00031	0,00027	2,88E-04
7	9	8	260	17679	3,95960	0,00035	0,00031	3,27E-04
8	9	9	260	17679	4,52525	0,00035	0,00035	3,46E-04
9	10	10	260	17679	5,09091	0,00038	0,00038	3,85E-04
0	13	11	260	17679	5,65657	0,00050	0,00042	4,62E-04
1	14	12	260	17679	6,22222	0,00054	0,00046	5,00E-04
2	16	14	260	17679	6,78788	0,00062	0,00054	5,77E-04
3	17	15	260	17679	7,35354	0,00065	0,00058	6,15E-04
4	18	18	260	17679	7,91919	0,00069	0,00069	6,92E-04
5	19	19	260	17679	8,48485	0,00073	0,00073	7,31E-04
6	20	20	260	17679	9,05051	0,00077	0,00077	7,69E-04
7	22	21	260	17679	9,61616	0,00085	0,00081	8,27E-04
8	24	22	260	17679	10,18182	0,00092	0,00085	8,85E-04
9	25	23	260	17679	10,74747	0,00096	0,00088	9,23E-04
0	26	25	260	17679	11,31313	0,00100	0,00096	9,81E-04
1	28	27	260	17679	11,87879	0,00108	0,00104	1,06E-03
2	29	28	260	17679	12,44444	0,00112	0,00108	1,10E-03
3	30	30	260	17679	13,01010	0,00115	0,00115	1,15E-03
4	30	31	260	17679	13,57576	0,00115	0,00119	1,17E-03
5	32	33	260	17679	14,14141	0,00123	0,00127	1,25E-03
6	33	34	260	17679	14,70707	0,00127	0,00131	1,29E-03
7	34	35	260	17679	15,27273	0,00131	0,00135	1,33E-03
8	36	36	260	17679	15,83838	0,00138	0,00138	1,38E-03
9	37	39	260	17679	16,40404	0,00142	0,00150	1,46E-03
0	40	41	260	17679	16,96970	0,00154	0,00158	1,56E-03
1	44	42	260	17679	17,53535	0,00169	0,00162	1,65E-03
2	46	47	260	17679	18,10101	0,00177	0,00181	1,79E-03
3	49	48	260	17679	18,66667	0,00188	0,00185	1,87E-03
4	50	50	260	17679	19,23232	0,00192	0,00192	1,92E-03
5	53	52	260	17679	19,79798	0,00204	0,00200	2,02E-03
6	54	55	260	17679	20,36364	0,00208	0,00212	2,10E-03
7	56	56	260	17679	20,92929	0,00215	0,00215	2,15E-03
8	57	57	260	17679	21,49495	0,00219	0,00219	2,19E-03
9	58	58	260	17679	22,06061	0,00223	0,00223	2,23E-03
0	59	59	260	17679	22,62626	0,00227	0,00227	2,27E-03
1	60	60	260	17679	23,19192	0,00231	0,00231	2,31E-03
2	62	61	260	17679	23,75758	0,00238	0,00235	2,37E-03
3	63	63	260	17679	24,32323	0,00242	0,00242	2,42E-03
4	64	64	260	17679	24,88889	0,00246	0,00246	2,46E-03
5	64	65	260	17679	25,45455	0,00246	0,00250	2,48E-03
6	67	66	260	17679	26,02020	0,00258	0,00254	2,56E-03
7	68	69	260	17679	26,58586	0,00262	0,00265	2,63E-03
8	71	70	260	17679	27,15152	0,00273	0,00269	2,71E-03
9	72	72	260	17679	27,71717	0,00277	0,00277	2,77E-03
0	74	74	260	17679	28,28283	0,00285	0,00285	2,85E-03
1	77	76	260	17679	28,84848	0,00296	0,00292	2,94E-03
2	79	79	260	17679	29,41414	0,00304	0,00304	3,04E-03
3	81	80	260	17679	28,84848	0,00312	0,00308	3,10E-03
4	85	86	260	17679	28,28283	0,00327	0,00331	3,29E-03
5	90	91	260	17679	27,71717	0,00346	0,00350	3,48E-03
6	98	100	260	17679	27,15152	0,00377	0,00385	3,81E-03
7	110	111	260	17679	26,58586	0,00423	0,00427	4,25E-03
8	133	132	260	17679	25,45455	0,00512	0,00508	5,10E-03
9	150	149	260	17679	24,88889	0,00577	0,00573	5,75E-03

3	177	173	260	17679	24,32323	0,00681	0,00665	6,73E-03
1	200	199	260	17679	23,19192	0,00769	0,00765	7,67E-03
0	221	220	260	17679	22,62626	0,00850	0,00846	8,48E-03

an Kolom :

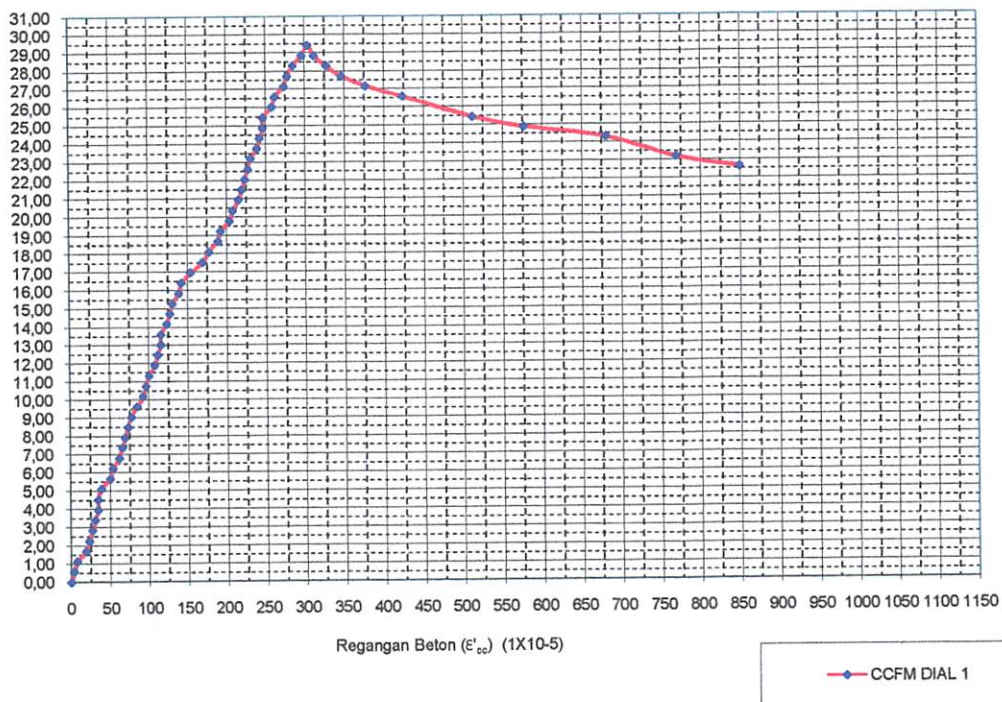
- | | |
|--|--------------------------------|
| 1 = Beban Aksial | 6 = Kuat Tekan Beton |
| 2 = Displacement pada DIAL 1 | 7 = Regangan beton pada DIAL1 |
| 3 = Displacement pada DIAL 2 | 8 = Regangan beton pada DIAL 2 |
| 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan | 9 = Regangan beton rata-rata |
| 5 = Luas penampang beton | |

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

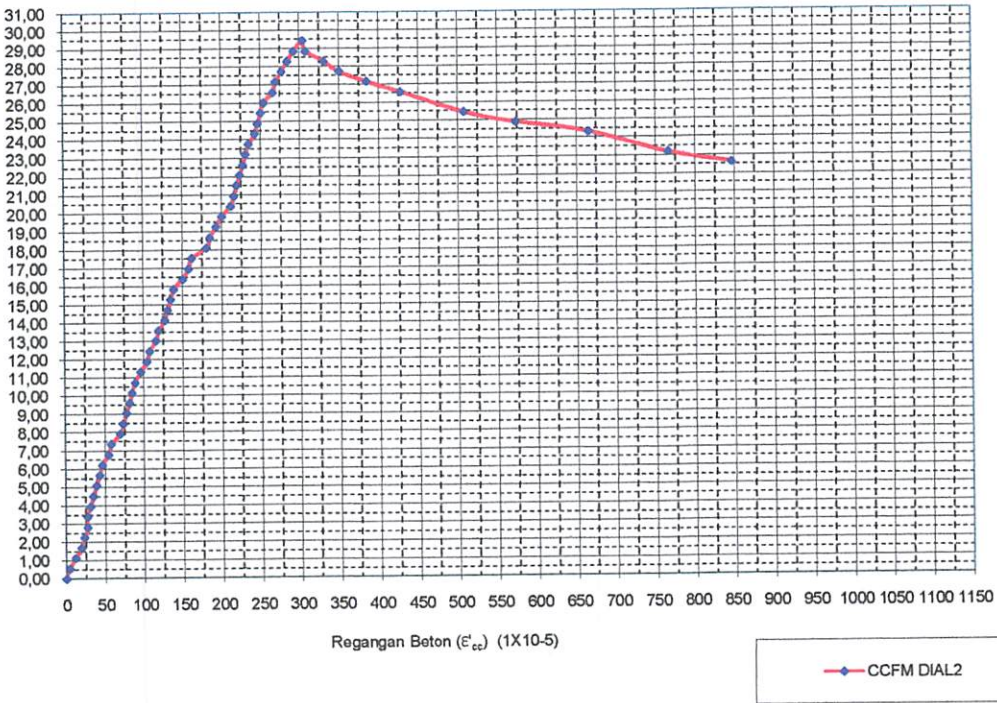
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

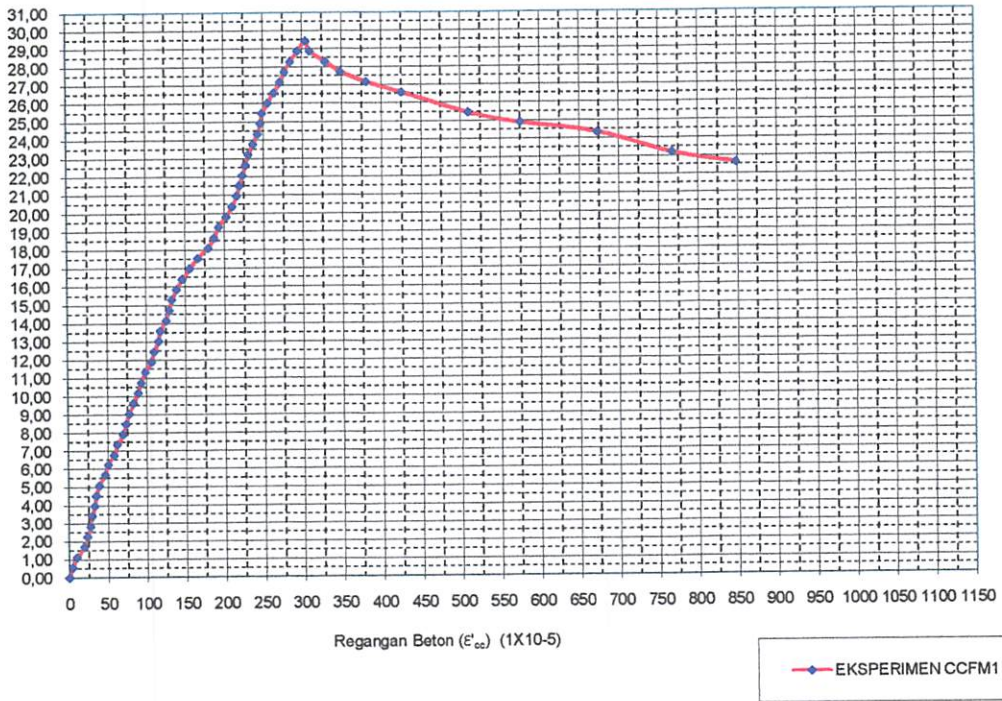
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFM1 DIAL 1



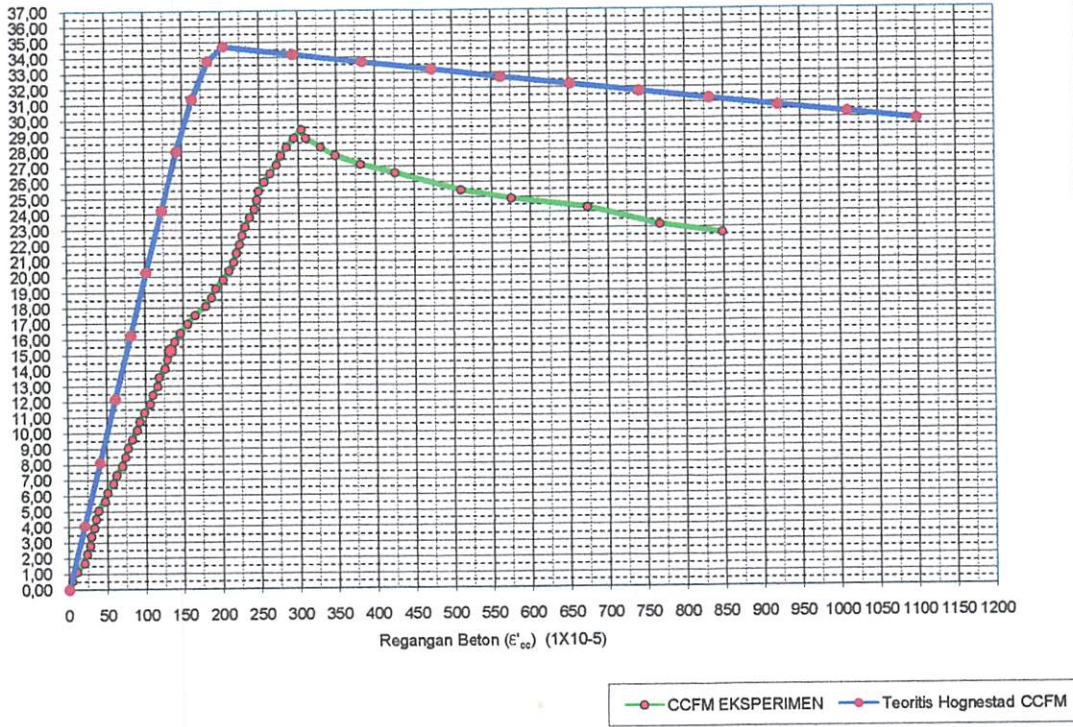
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFM1 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFM1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCFM1)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL L4.6-B**ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (CCFM-2)**

	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A_g (mm ²)	f_c (Mpa)	ϵ_{c1}	ϵ_{c2}	ϵ_c rata-rata
	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	17679	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	17679	0,56566	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	3	4	260	17679	1,13131	0,00012	0,00015	1,35E-04
3	5	5	260	17679	1,69697	0,00019	0,00019	1,92E-04
4	6	6	260	17679	2,26263	0,00023	0,00023	2,31E-04
5	7	7	260	17679	2,82828	0,00027	0,00027	2,69E-04
6	8	8	260	17679	3,39394	0,00031	0,00031	3,08E-04
7	9	9	260	17679	3,95960	0,00035	0,00035	3,46E-04
8	9	10	260	17679	4,52525	0,00035	0,00038	3,65E-04
9	10	11	260	17679	5,09091	0,00038	0,00042	4,04E-04
0	13	12	260	17679	5,65657	0,00050	0,00046	4,81E-04
1	14	12	260	17679	6,22222	0,00054	0,00046	5,00E-04
2	16	14	260	17679	6,78788	0,00062	0,00054	5,77E-04
3	17	15	260	17679	7,35354	0,00065	0,00058	6,15E-04
4	18	18	260	17679	7,91919	0,00069	0,00069	6,92E-04
5	19	19	260	17679	8,48485	0,00073	0,00073	7,31E-04
6	20	20	260	17679	9,05051	0,00077	0,00077	7,69E-04
7	21	21	260	17679	9,61616	0,00081	0,00081	8,08E-04
8	23	22	260	17679	10,18182	0,00088	0,00085	8,65E-04
9	25	23	260	17679	10,74747	0,00096	0,00088	9,23E-04
0	26	25	260	17679	11,31313	0,00100	0,00096	9,81E-04
1	28	27	260	17679	11,87879	0,00108	0,00104	1,06E-03
2	29	28	260	17679	12,44444	0,00112	0,00108	1,10E-03
3	30	30	260	17679	13,01010	0,00115	0,00115	1,15E-03
4	30	31	260	17679	13,57576	0,00115	0,00119	1,17E-03
5	31	32	260	17679	14,14141	0,00119	0,00123	1,21E-03
6	32	33	260	17679	14,70707	0,00123	0,00127	1,25E-03
7	33	34	260	17679	15,27273	0,00127	0,00131	1,29E-03
8	36	36	260	17679	15,83838	0,00138	0,00138	1,38E-03
9	37	39	260	17679	16,40404	0,00142	0,00150	1,46E-03
0	40	41	260	17679	16,96970	0,00154	0,00158	1,56E-03
1	44	42	260	17679	17,53535	0,00169	0,00162	1,65E-03
2	46	47	260	17679	18,10101	0,00177	0,00181	1,79E-03
3	49	48	260	17679	18,66667	0,00188	0,00185	1,87E-03
4	50	50	260	17679	19,23232	0,00192	0,00192	1,92E-03
5	53	52	260	17679	19,79798	0,00204	0,00200	2,02E-03
6	54	55	260	17679	20,36364	0,00208	0,00212	2,10E-03
7	55	56	260	17679	20,92929	0,00212	0,00215	2,13E-03
8	56	57	260	17679	21,49495	0,00215	0,00219	2,17E-03
9	57	58	260	17679	22,06061	0,00219	0,00223	2,21E-03
0	59	59	260	17679	22,62626	0,00227	0,00227	2,27E-03
1	60	60	260	17679	23,19192	0,00231	0,00231	2,31E-03
2	62	61	260	17679	23,75758	0,00238	0,00235	2,37E-03
3	61	63	260	17679	24,32323	0,00235	0,00242	2,38E-03
4	62	64	260	17679	24,88889	0,00238	0,00246	2,42E-03
5	64	65	260	17679	25,45455	0,00246	0,00250	2,48E-03
6	65	66	260	17679	26,02020	0,00250	0,00254	2,52E-03
7	69	69	260	17679	26,58586	0,00265	0,00265	2,65E-03
8	70	70	260	17679	27,15152	0,00269	0,00269	2,69E-03
9	71	70	260	17679	27,71717	0,00273	0,00269	2,71E-03
0	72	71	260	17679	28,28283	0,00277	0,00273	2,75E-03
1	73	72	260	17679	28,84848	0,00281	0,00277	2,79E-03
5	80	80	260	17679	28,56566	0,00308	0,00308	3,08E-03
9	85	86	260	17679	27,71717	0,00327	0,00331	3,29E-03
8	90	91	260	17679	27,15152	0,00346	0,00350	3,48E-03
7	98	100	260	17679	26,58586	0,00377	0,00385	3,81E-03
45	110	111	260	17679	25,45455	0,00423	0,00427	4,25E-03
43	133	132	260	17679	24,32323	0,00512	0,00508	5,10E-03
42	150	149	260	17679	23,75758	0,00577	0,00573	5,75E-03
41	177	173	260	17679	23,19192	0,00681	0,00665	6,73E-03

40	200	199	260	17679	22,62626	0,00769	0,00765	7,67E-03
39	231	233	260	17679	22,06061	0,00888	0,00896	8,92E-03

ngan Kolom :

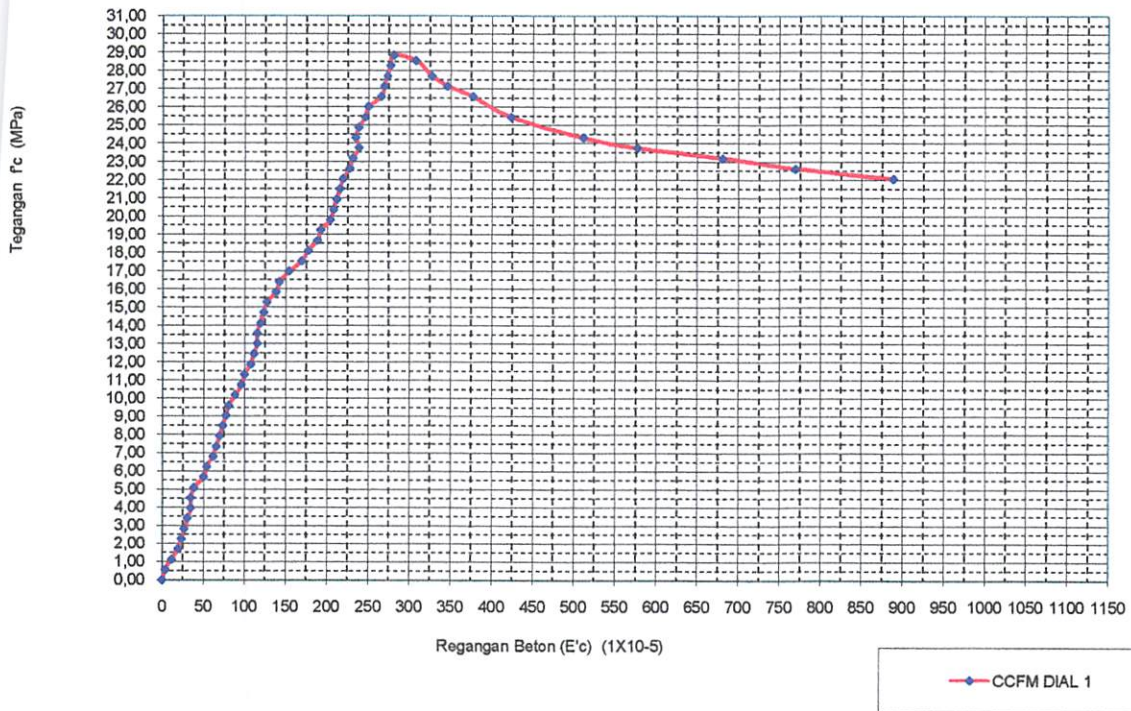
- | | |
|--|--------------------------------|
| 1 = Beban Aksial | 6 = Kuat Tekan Beton |
| 2 = Displacement pada DIAL 1 | 7 = Regangan beton pada DIAL1 |
| 3 = Displacement pada DIAL 2 | 8 = Regangan beton pada DIAL 2 |
| 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan | 9 = Regangan beton rata-rata |
| 5 = Luas penampang beton | |

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

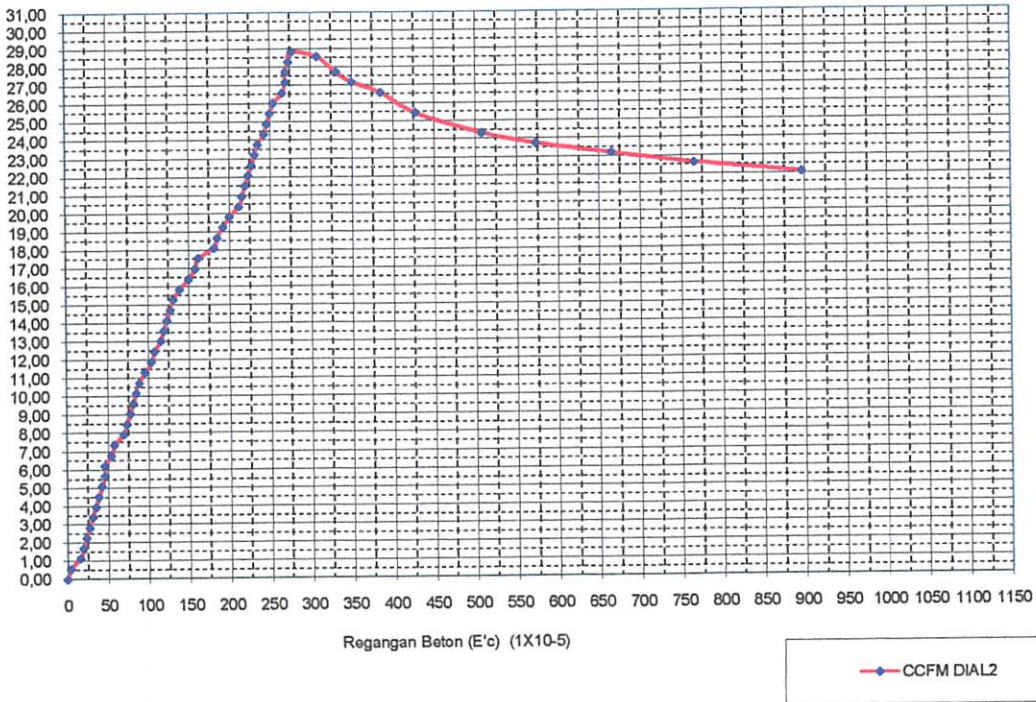
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

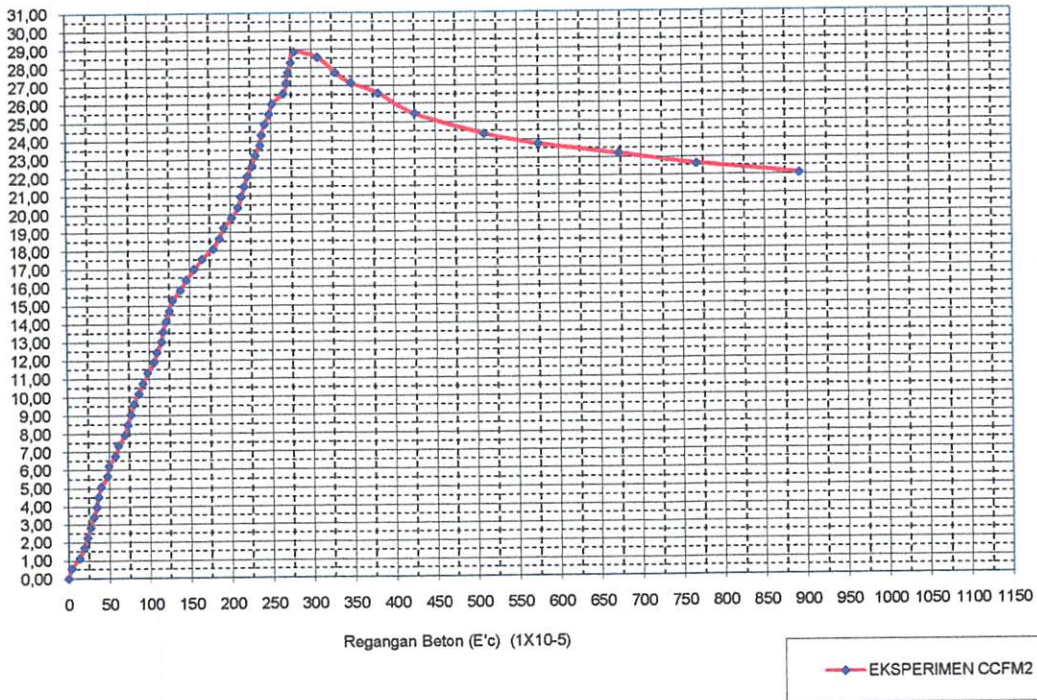
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFM2 DIAL 1



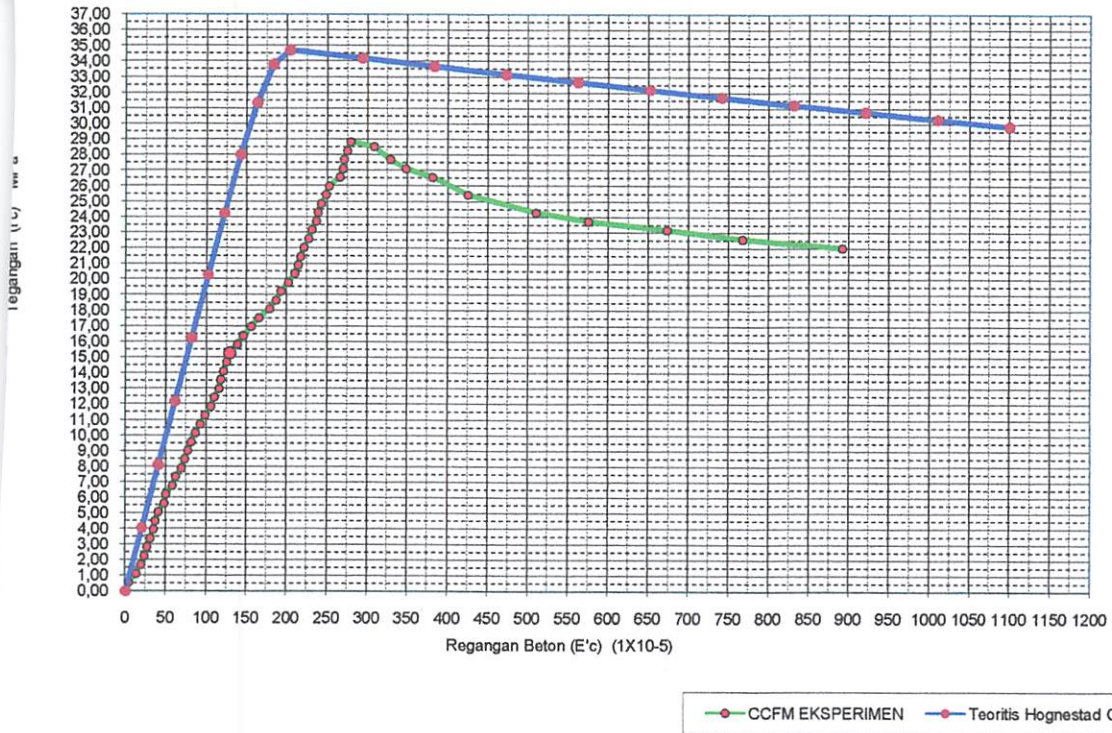
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFM1 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFM1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCFM1)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



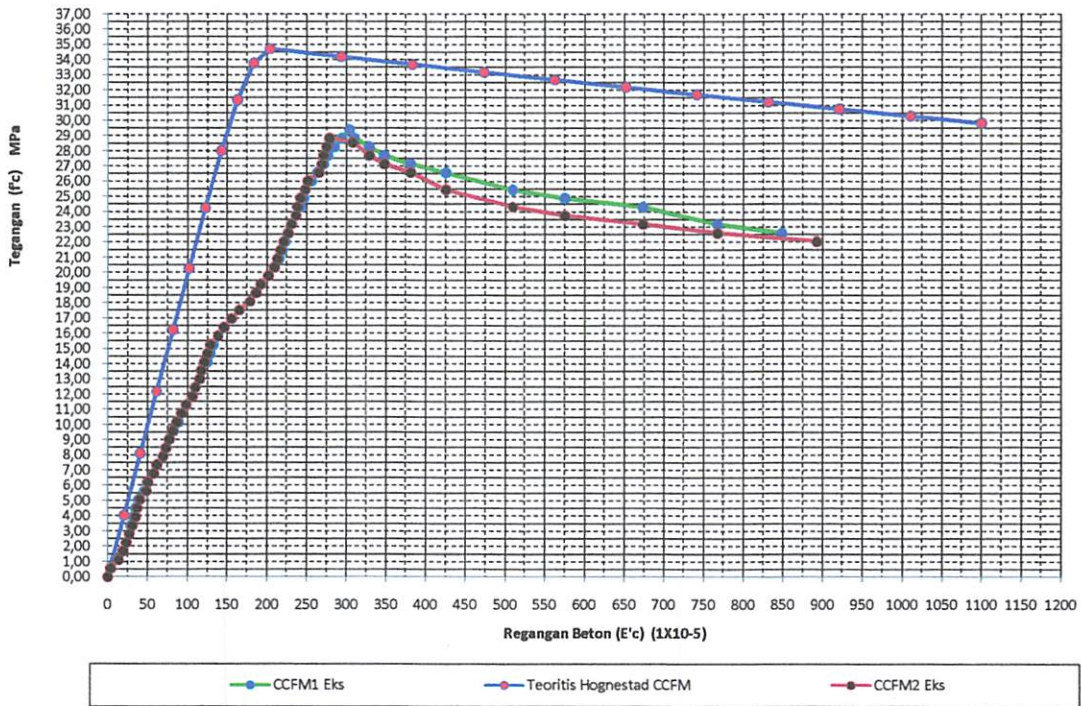
TABEL RATA-RATA CCFM

no	εC rata-rata
1	2
0000	0,0000000
0566	0,0000385
0131	0,0001154
0697	0,0001923
0263	0,0002308
0828	0,0002692
0394	0,0002981
0960	0,0003365
0525	0,0003558
0091	0,0003942
0657	0,0004712
0222	0,0005000
0378	0,0005769
0354	0,0006154
0191	0,0006923
0348	0,0007308
0501	0,0007692
0161	0,0008173
0818	0,0008750
0474	0,0009231
0131	0,0009808
0787	0,0010577
0444	0,0010962
0101	0,0011538
0757	0,0011731
0414	0,0012308
0707	0,0012692
0727	0,0013077
0383	0,0013846
0404	0,0014615
0697	0,0015577
0353	0,0016538
0101	0,0017885
0667	0,0018654
0232	0,0019231
0798	0,0020192
0636	0,0020962
0292	0,0021442
0949	0,0021827
0606	0,0022212
0262	0,0022692
0191	0,0023077
0757	0,0023654
0323	0,0024038
0888	0,0024423
0455	0,0024808
0202	0,0025385
0585	0,0026442
0151	0,0027019
0717	0,0027404
0282	0,0027981
0848	0,0028654
0899	0,0030577
0282	0,0031923
0717	0,0033846
0151	0,0036442
0303	0,0040288
0455	0,0046731
0606	0,0054231
0404	0,0062404

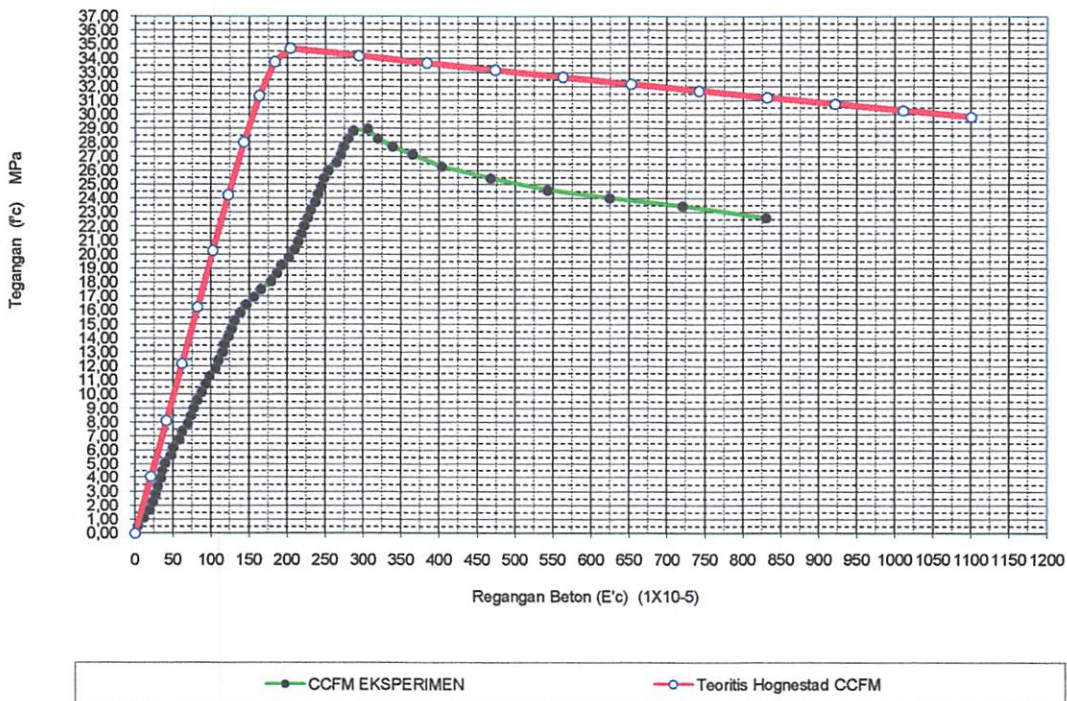
P Maks
51,50

3,47475	0,0072019
2,62626	0,0082981

Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCFM)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCFM)
Analisis Teoritis dan Eksperimen Rata-Rata



Es = 200000 MPa
 Ec = 19922.12 Mpa
 n = 10,04

P (ton)	LVDT1 (mm)	LVDT2 (mm)	SG FM 1	L (mm)	Ag - A _{sm} (mm ²)	A _{sm} (mm ²)	A _{total} (mm ²)	A FM (mm ²)	Fc (MPa)	fs FM1 (MPa)	sc1	sc2	sc2 Rata2	εs FM1	εs Rata-rata
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	15	16	17	18	20
0	0	0	0,00000	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0	1	0,09605	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	0,477	7,241	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004
2	2	3	0,12051	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	0,954	9,180	0,00008	0,00012	0,00010	0,00005	0,00005
3	5	5	0,09883	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	1,431	7,529	0,00019	0,00019	0,00019	0,00004	0,00004
4	6	6	0,03839	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	1,908	2,772	0,00023	0,00023	0,00023	0,00001	0,00001
5	7	7	0,05371	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	2,385	4,092	0,00027	0,00027	0,00027	0,00002	0,00002
6	8	7	0,07871	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	2,862	5,986	0,00031	0,00027	0,00029	0,00003	0,00003
7	9	8	0,16725	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	3,339	12,741	0,00035	0,00031	0,00033	0,00006	0,00006
8	9	9	0,15690	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	3,816	11,953	0,00035	0,00035	0,00035	0,00006	0,00006
9	10	10	0,19785	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	4,293	15,072	0,00038	0,00038	0,00038	0,00008	0,00008
10	13	11	0,13418	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	4,770	10,222	0,00050	0,00042	0,00046	0,00005	0,00005
11	14	12	0,13880	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	5,247	10,574	0,00054	0,00046	0,00050	0,00005	0,00005
12	16	14	0,21283	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	5,724	16,213	0,00062	0,00054	0,00058	0,00008	0,00008
13	17	15	0,29382	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	6,201	22,383	0,00065	0,00058	0,00062	0,00011	0,00011
14	18	18	0,30599	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	6,678	23,310	0,00069	0,00069	0,00069	0,00012	0,00012
15	19	19	0,40579	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	7,155	30,913	0,00073	0,00073	0,00073	0,00016	0,00016
16	20	20	0,42293	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	7,632	32,219	0,00077	0,00077	0,00077	0,00018	0,00018
17	22	21	0,47480	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	8,109	36,171	0,00085	0,00081	0,00083	0,00020	0,00020
18	24	22	0,51530	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	8,586	39,256	0,00092	0,00085	0,00088	0,00028	0,00028
19	25	23	0,73932	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	9,062	56,322	0,00096	0,00088	0,00092	0,00032	0,00032
20	26	25	0,83078	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	9,539	63,289	0,00100	0,00096	0,00098	0,00038	0,00038
21	28	27	0,99466	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	10,016	75,773	0,00108	0,00104	0,00106	0,00042	0,00042
22	29	28	1,10827	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	10,493	84,428	0,00112	0,00108	0,00110	0,00042	0,00042
23	30	30	1,30378	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	10,970	99,322	0,00115	0,00115	0,00115	0,00050	0,00050
24	30	31	1,46139	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	11,447	111,329	0,00115	0,00119	0,00117	0,00056	0,00056
25	32	33	1,55475	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	11,924	118,441	0,00123	0,00127	0,00125	0,00059	0,00059
26	33	34	1,92715	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	12,401	146,810	0,00127	0,00131	0,00129	0,00073	0,00073
27	34	35	2,08223	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	12,878	158,624	0,00131	0,00138	0,00133	0,00079	0,00079
28	36	36	2,11340	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	13,355	168,624	0,00138	0,00138	0,00138	0,00080	0,00080
29	37	39	2,11550	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	13,832	161,159	0,00142	0,00150	0,00146	0,00081	0,00081
30	40	41	2,19110	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	14,309	166,918	0,00154	0,00158	0,00156	0,00083	0,00083
31	44	42	2,20120	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	14,786	167,687	0,00169	0,00162	0,00165	0,00084	0,00084
32	46	47	2,21000	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	15,263	168,358	0,00177	0,00181	0,00179	0,00084	0,00084
33	49	48	2,23012	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	15,740	169,891	0,00188	0,00185	0,00187	0,00085	0,00085
34	50	50	2,23311	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	16,217	170,118	0,00192	0,00192	0,00192	0,00085	0,00085
35	53	52	2,41212	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	16,694	183,755	0,00204	0,00200	0,00202	0,00092	0,00092
36	54	55	2,42222	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	17,171	184,525	0,00208	0,00212	0,00210	0,00092	0,00092

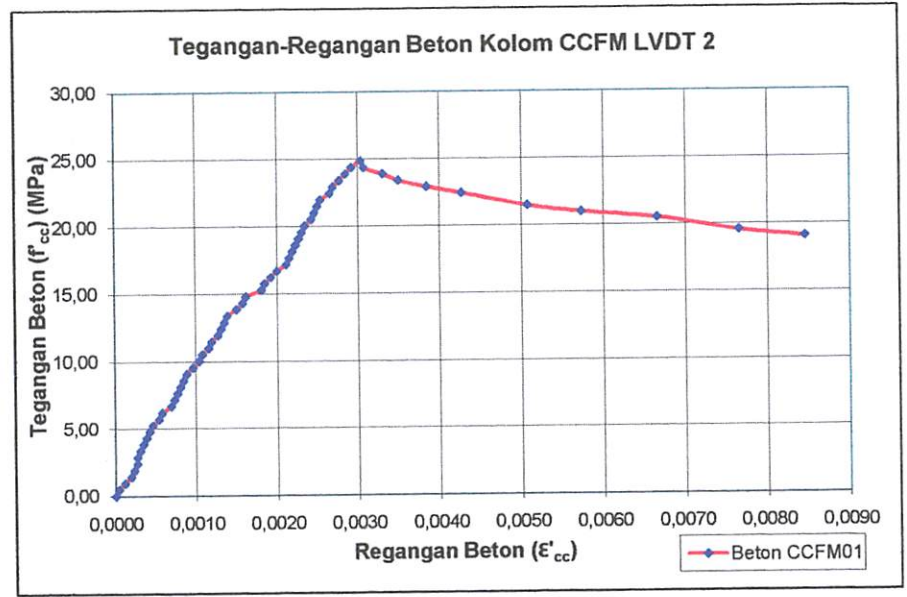
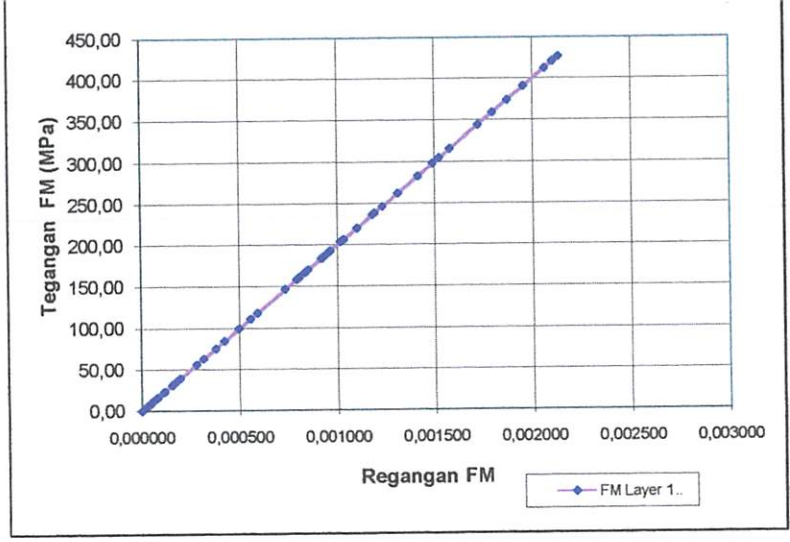
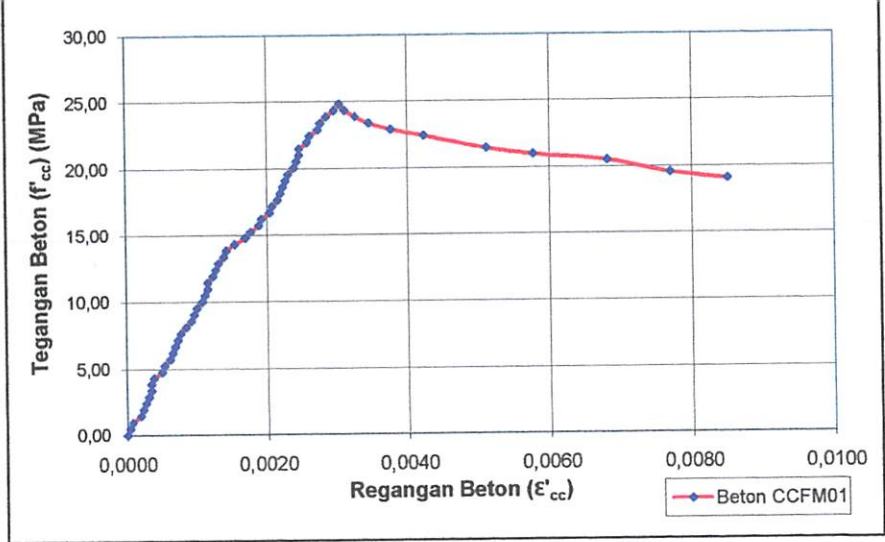
39	58	58	2,48911	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	18,002	189,020	0,00223	0,00223	0,00223	0,00095	0,00095
40	59	59	2,50123	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	19,079	190,544	0,00227	0,00227	0,00227	0,00096	0,00096
41	60	60	2,52311	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	19,556	192,211	0,00231	0,00231	0,00231	0,00096	0,00096
42	62	61	2,53111	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	20,033	192,820	0,00238	0,00235	0,00237	0,00096	0,00096
43	63	63	2,67111	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	20,510	203,485	0,00242	0,00242	0,00242	0,00102	0,00102
44	64	64	2,68991	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	20,987	204,917	0,00246	0,00246	0,00246	0,00102	0,00102
45	64	65	2,71130	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	21,464	206,547	0,00246	0,00250	0,00248	0,00103	0,00103
46	67	66	2,89130	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	21,941	220,259	0,00258	0,00254	0,00256	0,00110	0,00110
47	68	69	3,10000	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	22,418	236,158	0,00262	0,00265	0,00263	0,00118	0,00118
48	71	70	3,12310	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	22,895	237,918	0,00273	0,00269	0,00271	0,00119	0,00119
49	72	72	3,23131	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	23,372	246,161	0,00277	0,00277	0,00277	0,00123	0,00123
50	74	74	3,44190	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	23,849	262,204	0,00285	0,00285	0,00285	0,00131	0,00131
51	77	76	3,71331	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	24,326	282,880	0,00296	0,00292	0,00294	0,00141	0,00141
52	79	79	3,91441	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	24,803	298,200	0,00304	0,00304	0,00304	0,00149	0,00149
51	81	80	4,00013	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	24,326	304,730	0,00312	0,00308	0,00310	0,00152	0,00152
50	85	86	4,14410	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	23,849	315,698	0,00327	0,00331	0,00329	0,00158	0,00158
49	90	91	4,51999	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	23,372	344,333	0,00346	0,00350	0,00348	0,00172	0,00172
48	98	100	4,71310	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	22,895	359,044	0,00377	0,00385	0,00381	0,00180	0,00180
47	110	111	4,91111	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	22,418	374,128	0,00423	0,00427	0,00425	0,00187	0,00187
45	133	132	5,13133	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	21,464	390,905	0,00512	0,00508	0,00510	0,00195	0,00195
44	150	149	5,41320	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	20,987	412,378	0,00577	0,00573	0,00575	0,00206	0,00206
43	177	173	5,52120	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	20,510	420,605	0,00681	0,00665	0,00673	0,00210	0,00210
41	200	199	5,59742	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	19,556	426,411	0,00769	0,00765	0,00767	0,00213	0,00213
40	221	220	5,60245	260	17307	3658,492893	20965,53	12,56637061	19,079	426,795	0,00850	0,00846	0,00848	0,00213	0,00213

Keterangan Kolom :

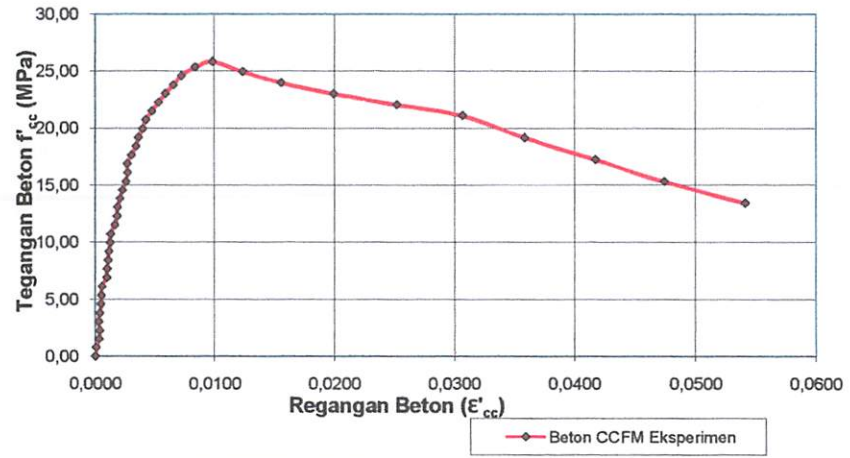
- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada LVDT 1
- 3 = Displacement pada LVDT 2
- 4 = Pembacaan regangan pada stra
- 5 = Pembacaan regangan pada stra
- 6 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan beton
- 7 = Luas penampang kolom
- 8 = Luas penampang fine mesh
- 9 = Kuat Tekan Beton
- 10 = Kuat Leleh Fine Mesh 1

- 16 = Regangan fine mesh 1
- 17 = Regangan fine mesh 2
- 18 = Regangan rata-rata fine mesh

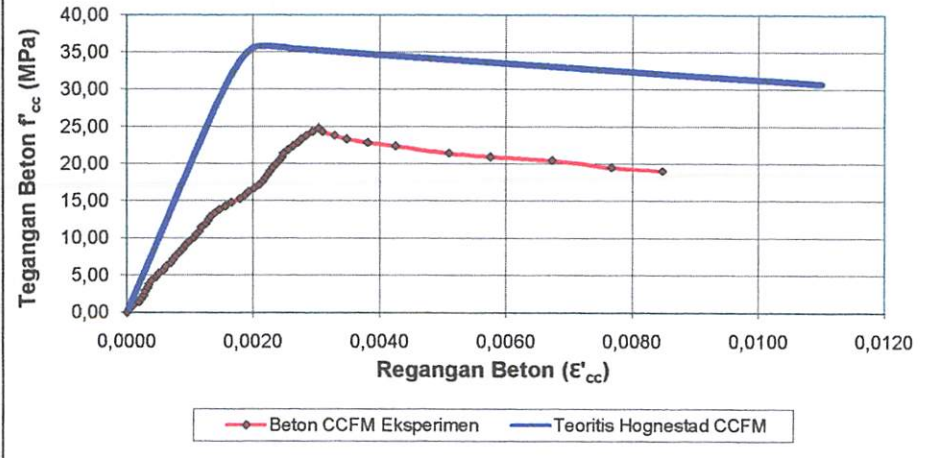
Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak
Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom



Kurva Tegangan-Regangan Kolom CCFM (Rata-rata)
Analisa Eksperimen



Kurva tegangan-regangan
dan Eksperimen



LAMPIRAN L.4.7

GRAFIK EKSPERIMENTAL CCFMS

TABEL L4.7-A**ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (CCFMS-1)**

	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	17679	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	2	1	260	17679	0,56566	0,00008	0,00004	5,77E-05
2	4	3	260	17679	1,13131	0,00015	0,00012	1,35E-04
3	8	7	260	17679	1,69697	0,00031	0,00027	2,88E-04
4	10	9	260	17679	2,26263	0,00038	0,00035	3,65E-04
5	12	11	260	17679	2,82828	0,00046	0,00042	4,42E-04
6	14	13	260	17679	3,39394	0,00054	0,00050	5,19E-04
7	17	15	260	17679	3,95960	0,00065	0,00058	6,15E-04
8	22	21	260	17679	4,52525	0,00085	0,00081	8,27E-04
9	24	24	260	17679	5,09091	0,00092	0,00092	9,23E-04
0	28	26	260	17679	5,65657	0,00108	0,00100	1,04E-03
1	31	30	260	17679	6,22222	0,00119	0,00115	1,17E-03
2	33	34	260	17679	6,78788	0,00127	0,00131	1,29E-03
3	36	36	260	17679	7,35354	0,00138	0,00138	1,38E-03
4	40	39	260	17679	7,91919	0,00154	0,00150	1,52E-03
5	42	41	260	17679	8,48485	0,00162	0,00158	1,60E-03
6	45	44	260	17679	9,05051	0,00173	0,00169	1,71E-03
7	48	49	260	17679	9,61616	0,00185	0,00188	1,87E-03
8	50	51	260	17679	10,18182	0,00192	0,00196	1,94E-03
9	52	54	260	17679	10,74747	0,00200	0,00208	2,04E-03
0	53	55	260	17679	11,31313	0,00204	0,00212	2,08E-03
1	57	59	260	17679	11,87879	0,00219	0,00227	2,23E-03
2	59	60	260	17679	12,44444	0,00227	0,00231	2,29E-03
3	60	61	260	17679	13,01010	0,00231	0,00235	2,33E-03
4	61	62	260	17679	13,57576	0,00235	0,00238	2,37E-03
5	62	63	260	17679	14,14141	0,00238	0,00242	2,40E-03
6	64	65	260	17679	14,70707	0,00246	0,00250	2,48E-03
7	65	66	260	17679	15,27273	0,00250	0,00254	2,52E-03
8	66	66	260	17679	15,83838	0,00254	0,00254	2,54E-03
9	67	68	260	17679	16,40404	0,00258	0,00262	2,60E-03
0	68	69	260	17679	16,96970	0,00262	0,00265	2,63E-03
1	69	70	260	17679	17,53535	0,00265	0,00269	2,67E-03
2	70	71	260	17679	18,10101	0,00269	0,00273	2,71E-03
3	71	72	260	17679	18,66667	0,00273	0,00277	2,75E-03
4	72	73	260	17679	19,23232	0,00277	0,00281	2,79E-03
5	74	74	260	17679	19,79798	0,00285	0,00285	2,85E-03
6	75	75	260	17679	20,36364	0,00288	0,00288	2,88E-03
7	77	76	260	17679	20,92929	0,00296	0,00292	2,94E-03
8	78	77	260	17679	21,49495	0,00300	0,00296	2,98E-03
9	79	79	260	17679	22,06061	0,00304	0,00304	3,04E-03
0	80	80	260	17679	22,62626	0,00308	0,00308	3,08E-03
1	81	80	260	17679	23,19192	0,00312	0,00308	3,10E-03
2	82	81	260	17679	23,75758	0,00315	0,00312	3,13E-03
3	84	82	260	17679	24,32323	0,00323	0,00315	3,19E-03
4	85	84	260	17679	24,88889	0,00327	0,00323	3,25E-03
5	86	84	260	17679	25,45455	0,00331	0,00327	3,27E-03
6	87	85	260	17679	26,02020	0,00335	0,00327	3,31E-03
7	88	86	260	17679	26,58586	0,00338	0,00331	3,35E-03
8	89	87	260	17679	27,15152	0,00342	0,00335	3,38E-03
9	90	89	260	17679	27,71717	0,00346	0,00342	3,44E-03
0	91	90	260	17679	27,83030	0,00350	0,00346	3,48E-03
1	95	96	260	17679	27,71717	0,00365	0,00369	3,67E-03
2	100	100	260	17679	27,15152	0,00385	0,00385	3,85E-03
3	111	113	260	17679	26,58586	0,00427	0,00435	4,31E-03
4	134	131	260	17679	26,02020	0,00515	0,00504	5,10E-03
5	150	151	260	17679	25,45455	0,00577	0,00581	5,79E-03
6	177	175	260	17679	24,32323	0,00681	0,00673	6,77E-03
7	200	199	260	17679	23,75758	0,00769	0,00765	7,67E-03
8	221	211	260	17679	23,19192	0,00850	0,00812	8,31E-03
9	250	255	260	17679	21,49495	0,00962	0,00981	9,71E-03

an Kolom :

- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada DIAL 1
- 3 = Displacement pada DIAL 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan
- 5 = Luas penampang beton

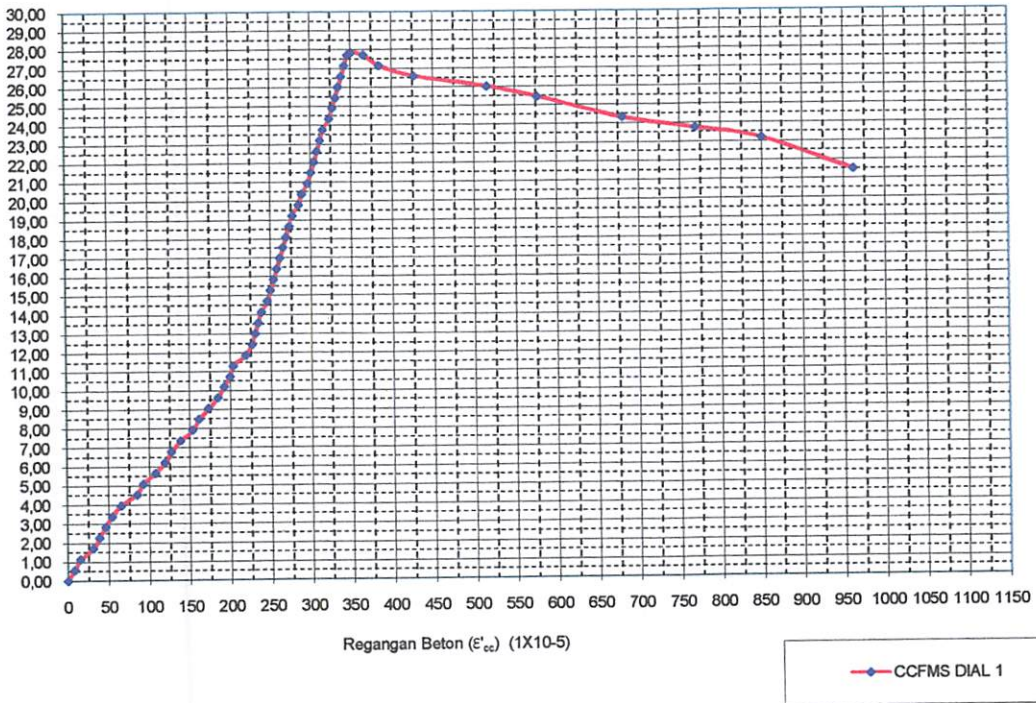
- 6 = Kuat Tekan Beton
- 7 = Regangan beton pada DIAL1
- 8 = Regangan beton pada DIAL 2
- 9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

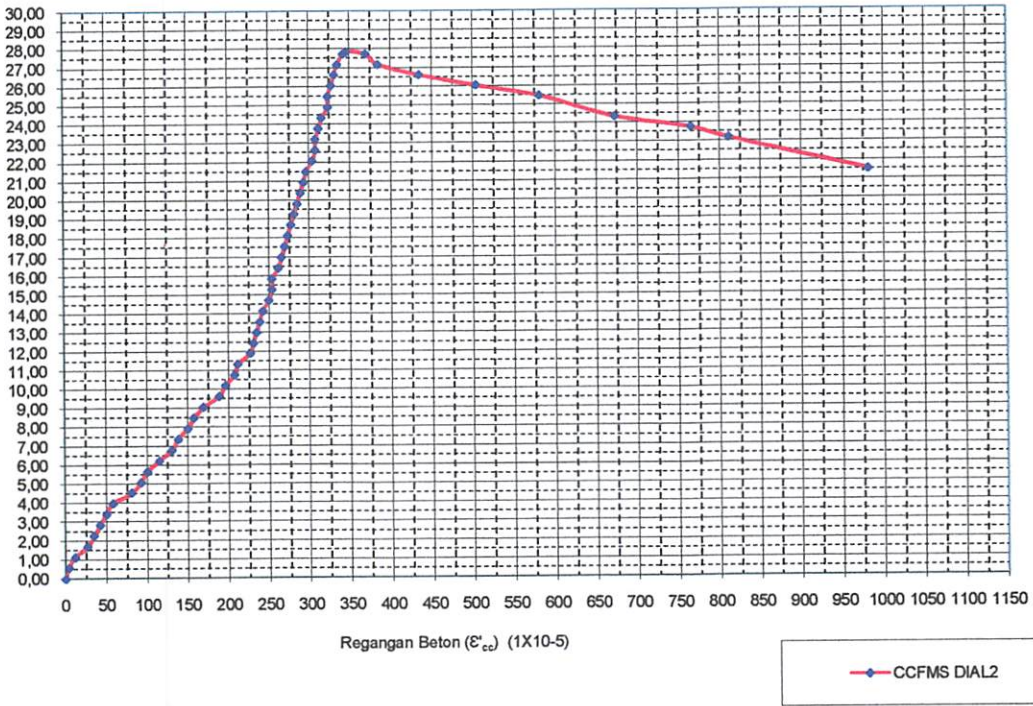
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

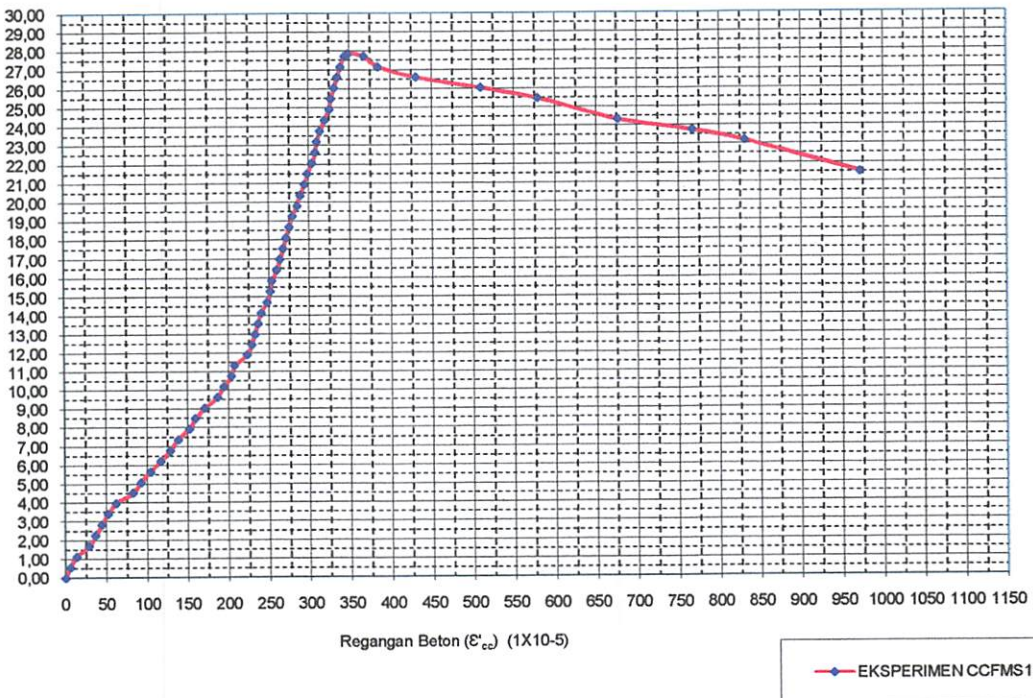
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFMS1 DIAL 1



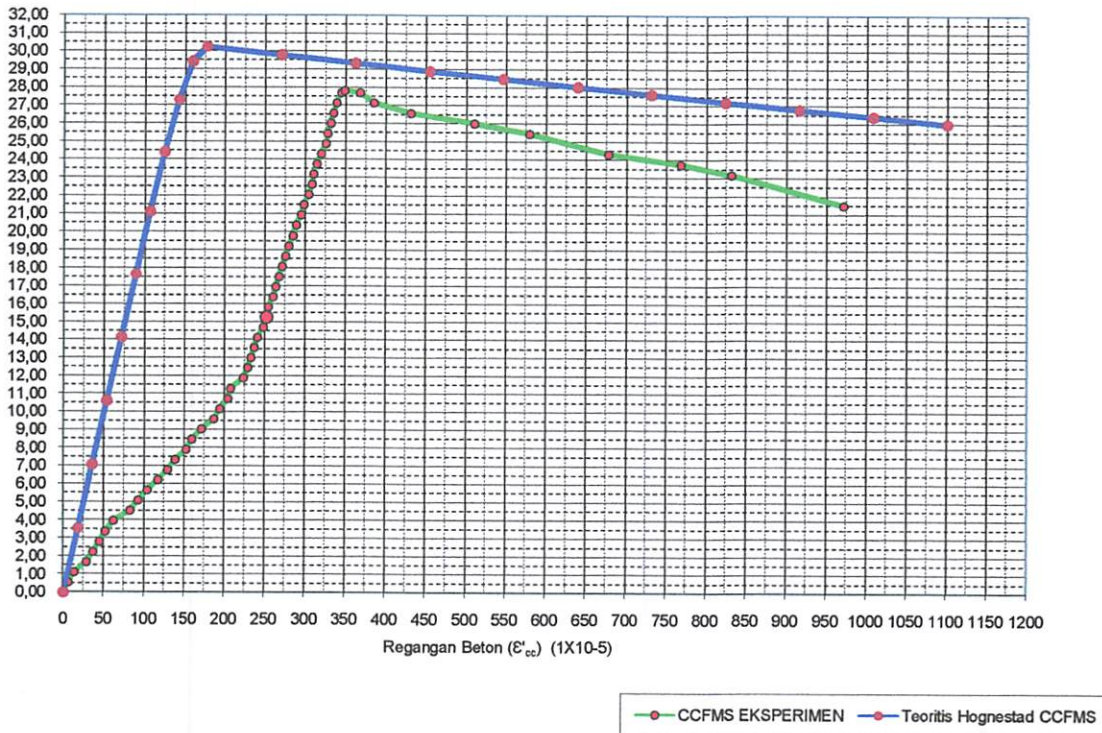
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFMS1 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFMS1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCFMS1)
 Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL L4.7-B

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (CCFMS-2)

	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	17679	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	2	1	260	17679	0,56566	0,00008	0,00004	5,77E-05
2	4	3	260	17679	1,13131	0,00015	0,00012	1,35E-04
3	8	7	260	17679	1,69697	0,00031	0,00027	2,88E-04
4	10	9	260	17679	2,26263	0,00038	0,00035	3,65E-04
5	12	10	260	17679	2,82828	0,00046	0,00038	4,23E-04
6	15	13	260	17679	3,39394	0,00058	0,00050	5,38E-04
7	17	15	260	17679	3,95960	0,00065	0,00058	6,15E-04
8	22	21	260	17679	4,52525	0,00085	0,00081	8,27E-04
9	24	24	260	17679	5,09091	0,00092	0,00092	9,23E-04
10	28	26	260	17679	5,65657	0,00108	0,00100	1,04E-03
11	31	31	260	17679	6,22222	0,00119	0,00119	1,19E-03
12	34	35	260	17679	6,78788	0,00131	0,00135	1,33E-03
13	36	36	260	17679	7,35354	0,00138	0,00138	1,38E-03
14	40	39	260	17679	7,91919	0,00154	0,00150	1,52E-03
15	43	42	260	17679	8,48485	0,00165	0,00162	1,63E-03
16	45	44	260	17679	9,05051	0,00173	0,00169	1,71E-03
17	47	48	260	17679	9,61616	0,00181	0,00185	1,83E-03
18	48	49	260	17679	10,18182	0,00185	0,00188	1,87E-03
19	51	51	260	17679	10,74747	0,00196	0,00196	1,96E-03
20	53	55	260	17679	11,31313	0,00204	0,00212	2,08E-03
21	57	59	260	17679	11,87879	0,00219	0,00227	2,23E-03
22	59	60	260	17679	12,44444	0,00227	0,00231	2,29E-03
23	60	61	260	17679	13,01010	0,00231	0,00235	2,33E-03
24	61	62	260	17679	13,57576	0,00235	0,00238	2,37E-03
25	62	63	260	17679	14,14141	0,00238	0,00242	2,40E-03
26	64	65	260	17679	14,70707	0,00246	0,00250	2,48E-03
27	65	66	260	17679	15,27273	0,00250	0,00254	2,52E-03
28	66	66	260	17679	15,83838	0,00254	0,00254	2,54E-03
29	67	68	260	17679	16,40404	0,00258	0,00262	2,60E-03
30	68	69	260	17679	16,96970	0,00262	0,00265	2,63E-03
31	69	70	260	17679	17,53535	0,00265	0,00269	2,67E-03
32	70	71	260	17679	18,10101	0,00269	0,00273	2,71E-03
33	71	72	260	17679	18,66667	0,00273	0,00277	2,75E-03
34	72	73	260	17679	19,23232	0,00277	0,00281	2,79E-03
35	74	74	260	17679	19,79798	0,00285	0,00285	2,85E-03
36	75	75	260	17679	20,36364	0,00288	0,00288	2,88E-03
37	77	76	260	17679	20,92929	0,00296	0,00292	2,94E-03
38	78	77	260	17679	21,49495	0,00300	0,00296	2,98E-03
39	79	79	260	17679	22,06061	0,00304	0,00304	3,04E-03
40	80	80	260	17679	22,62626	0,00308	0,00308	3,08E-03
41	81	80	260	17679	23,19192	0,00312	0,00308	3,10E-03
42	82	81	260	17679	23,75758	0,00315	0,00312	3,13E-03
43	84	82	260	17679	24,32323	0,00323	0,00315	3,19E-03
44	85	83	260	17679	24,88889	0,00327	0,00319	3,23E-03
45	86	84	260	17679	25,45455	0,00331	0,00323	3,27E-03
46	87	85	260	17679	26,02020	0,00335	0,00327	3,31E-03
47	87	86	260	17679	26,58586	0,00335	0,00331	3,33E-03
48	89	87	260	17679	27,15152	0,00342	0,00335	3,38E-03
49	90	89	260	17679	27,71717	0,00346	0,00342	3,44E-03
49,5	91	90	260	17679	28,00000	0,00350	0,00346	3,48E-03
49	95	96	260	17679	27,71717	0,00365	0,00369	3,67E-03
47	101	102	260	17679	26,58586	0,00388	0,00392	3,90E-03
46	112	112	260	17679	26,02020	0,00431	0,00431	4,31E-03
45	132	135	260	17679	25,45455	0,00508	0,00519	5,13E-03
45	150	151	260	17679	25,45455	0,00577	0,00581	5,79E-03
43	177	175	260	17679	24,32323	0,00681	0,00673	6,77E-03
42	200	199	260	17679	23,75758	0,00769	0,00765	7,67E-03
40	221	211	260	17679	22,62626	0,00850	0,00812	8,31E-03
39	250	255	260	17679	22,06061	0,00962	0,00981	9,71E-03

an Kolom :

- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada DIAL 1
- 3 = Displacement pada DIAL 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan
- 5 = Luas penampang beton

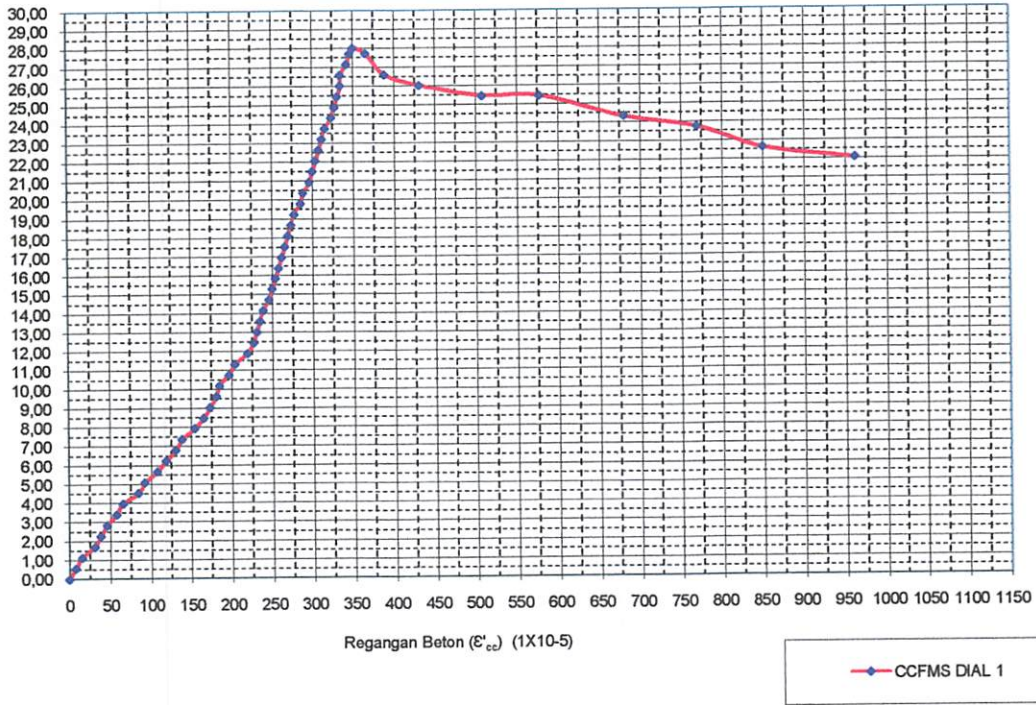
- 6 = Kuat Tekan Beton
- 7 = Regangan beton pada DIAL1
- 8 = Regangan beton pada DIAL 2
- 9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

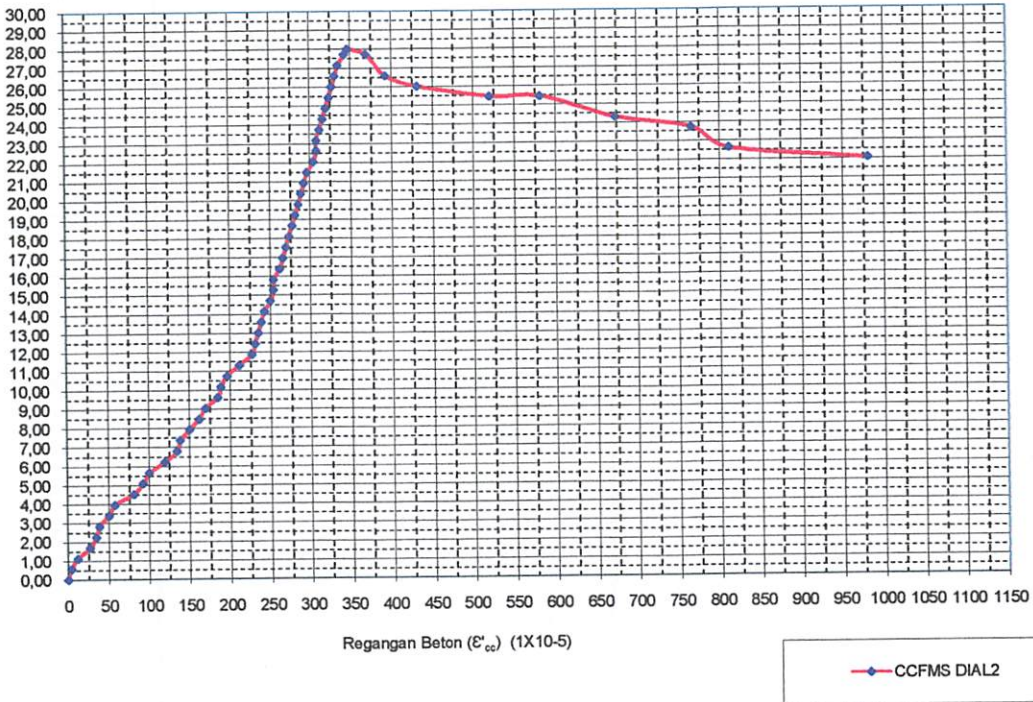
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

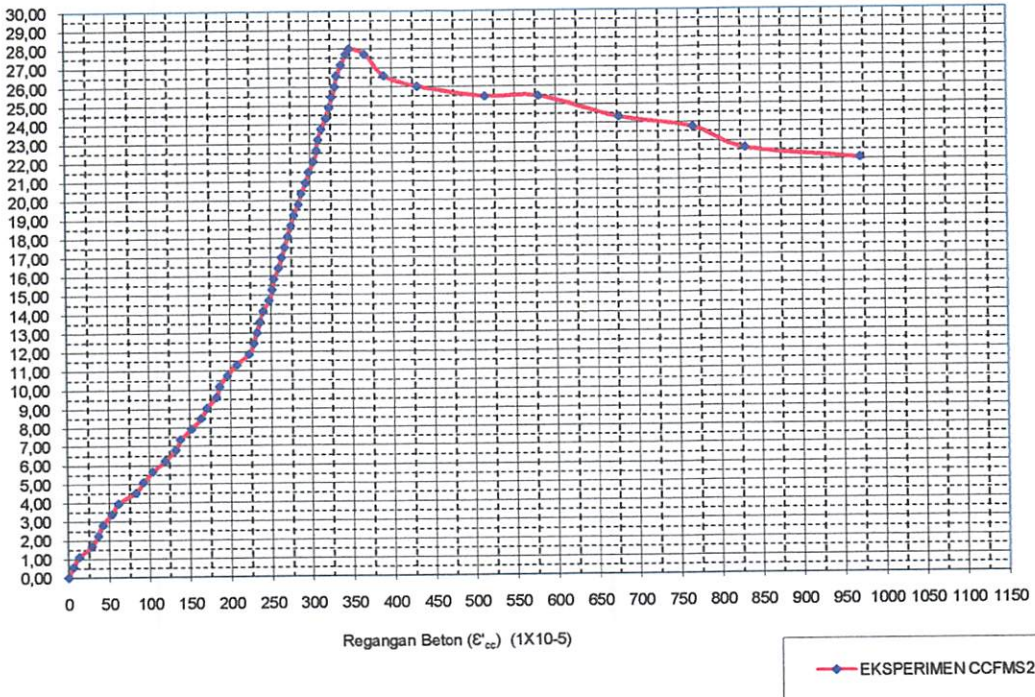
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFMS2 DIAL 1



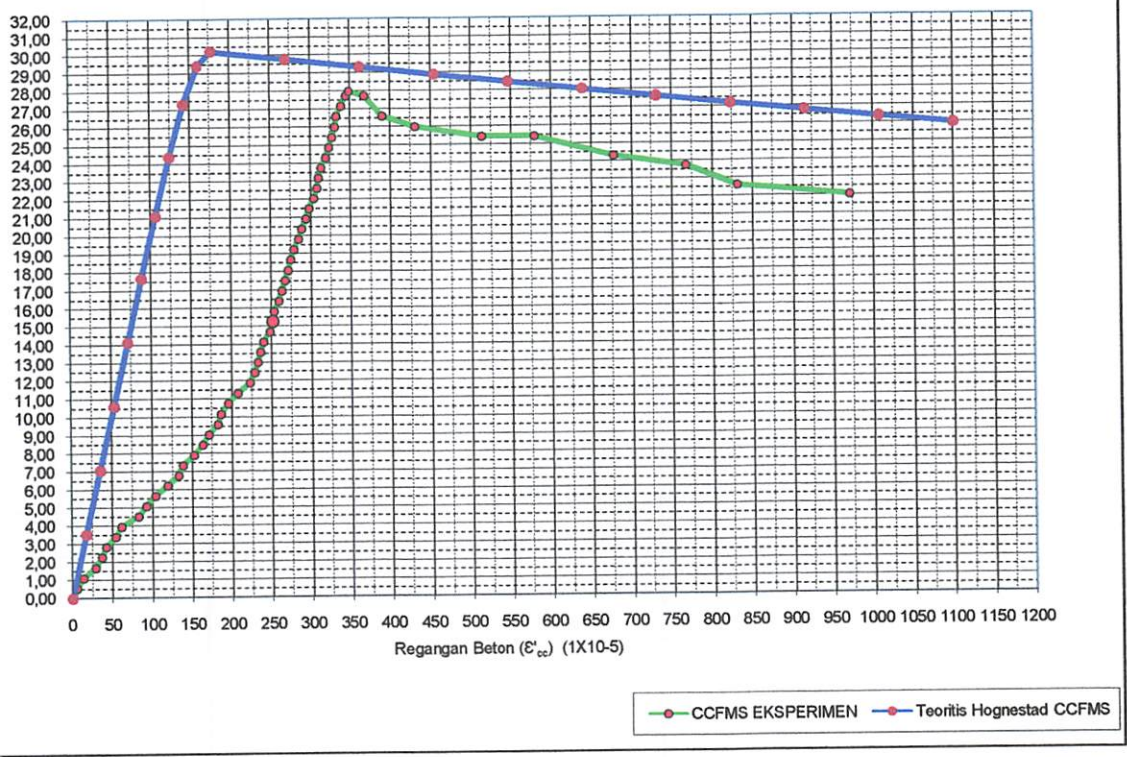
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFMS2 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFMS2



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCFMS2)
 Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL L4.7-C

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (CCFMSB-1)

	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f' _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	17679	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	17679	0,56566	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	3	260	17679	1,13131	0,00008	0,00012	9,62E-05
3	4	5	260	17679	1,69697	0,00015	0,00019	1,73E-04
4	6	7	260	17679	2,26263	0,00023	0,00027	2,50E-04
5	8	9	260	17679	2,82828	0,00031	0,00035	3,27E-04
5	10	9	260	17679	3,39394	0,00038	0,00035	3,65E-04
7	12	13	260	17679	3,95960	0,00046	0,00050	4,81E-04
8	14	15	260	17679	4,52525	0,00054	0,00058	5,58E-04
9	16	17	260	17679	5,09091	0,00062	0,00065	6,35E-04
0	18	19	260	17679	5,65657	0,00069	0,00073	7,12E-04
1	22	21	260	17679	6,22222	0,00085	0,00081	8,27E-04
2	25	24	260	17679	6,78788	0,00096	0,00092	9,42E-04
3	28	27	260	17679	7,35354	0,00108	0,00104	1,06E-03
4	33	32	260	17679	7,91919	0,00127	0,00123	1,25E-03
5	35	34	260	17679	8,48485	0,00135	0,00131	1,33E-03
6	37	36	260	17679	9,05051	0,00142	0,00138	1,40E-03
7	39	38	260	17679	9,61616	0,00150	0,00146	1,48E-03
8	43	42	260	17679	10,18182	0,00165	0,00162	1,63E-03
9	45	44	260	17679	10,74747	0,00173	0,00169	1,71E-03
0	45	46	260	17679	11,31313	0,00173	0,00177	1,75E-03
1	46	48	260	17679	11,87879	0,00177	0,00185	1,81E-03
2	47	51	260	17679	12,44444	0,00181	0,00196	1,88E-03
3	49	52	260	17679	13,01010	0,00188	0,00200	1,94E-03
4	50	57	260	17679	13,57576	0,00192	0,00219	2,06E-03
5	51	57	260	17679	14,14141	0,00196	0,00219	2,08E-03
6	53	60	260	17679	14,70707	0,00204	0,00231	2,17E-03
7	55	62	260	17679	15,27273	0,00212	0,00238	2,25E-03
8	57	64	260	17679	15,83838	0,00219	0,00246	2,33E-03
9	59	66	260	17679	16,40404	0,00227	0,00254	2,40E-03
0	60	68	260	17679	16,96970	0,00231	0,00262	2,46E-03
1	61	68	260	17679	17,53535	0,00235	0,00262	2,48E-03
2	63	69	260	17679	18,10101	0,00242	0,00265	2,54E-03
3	65	70	260	17679	18,66667	0,00250	0,00269	2,60E-03
4	67	71	260	17679	19,23232	0,00258	0,00273	2,65E-03
5	69	72	260	17679	19,79798	0,00265	0,00277	2,71E-03
6	70	73	260	17679	20,36364	0,00269	0,00281	2,75E-03
7	71	74	260	17679	20,92929	0,00273	0,00285	2,79E-03
8	72	75	260	17679	21,49495	0,00277	0,00288	2,83E-03
9	74	76	260	17679	22,06061	0,00285	0,00292	2,88E-03
0	76	77	260	17679	22,62626	0,00292	0,00296	2,94E-03
1	78	78	260	17679	23,19192	0,00300	0,00300	3,00E-03
2	79	79	260	17679	23,75758	0,00304	0,00304	3,04E-03
3	80	80	260	17679	24,32323	0,00308	0,00308	3,08E-03
4	82	81	260	17679	24,88889	0,00315	0,00312	3,13E-03
5	83	82	260	17679	25,45455	0,00319	0,00315	3,17E-03
6	84	83	260	17679	26,02020	0,00323	0,00319	3,21E-03
7	85	84	260	17679	26,58586	0,00327	0,00323	3,25E-03
8	86	85	260	17679	27,15152	0,00331	0,00327	3,29E-03
9	87	86	260	17679	27,71717	0,00335	0,00331	3,33E-03
0	87	87	260	17679	28,28283	0,00335	0,00335	3,35E-03
9	113	114	260	17679	27,71717	0,00435	0,00438	4,37E-03
8	128	129	260	17679	27,15152	0,00492	0,00496	4,94E-03
7	141	142	260	17679	26,58586	0,00542	0,00546	5,44E-03
6	149	150	260	17679	26,02020	0,00573	0,00577	5,75E-03
5	167	169	260	17679	25,45455	0,00642	0,00650	6,46E-03
4	188	189	260	17679	24,32323	0,00723	0,00727	7,25E-03
2	209	210	260	17679	23,75758	0,00804	0,00808	8,06E-03
1	238	240	260	17679	23,19192	0,00915	0,00923	9,19E-03
38	273	275	260	17679	21,49495	0,01050	0,01058	1,05E-02

an Kolom :

- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada DIAL 1
- 3 = Displacement pada DIAL 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan
- 5 = Luas penampang beton

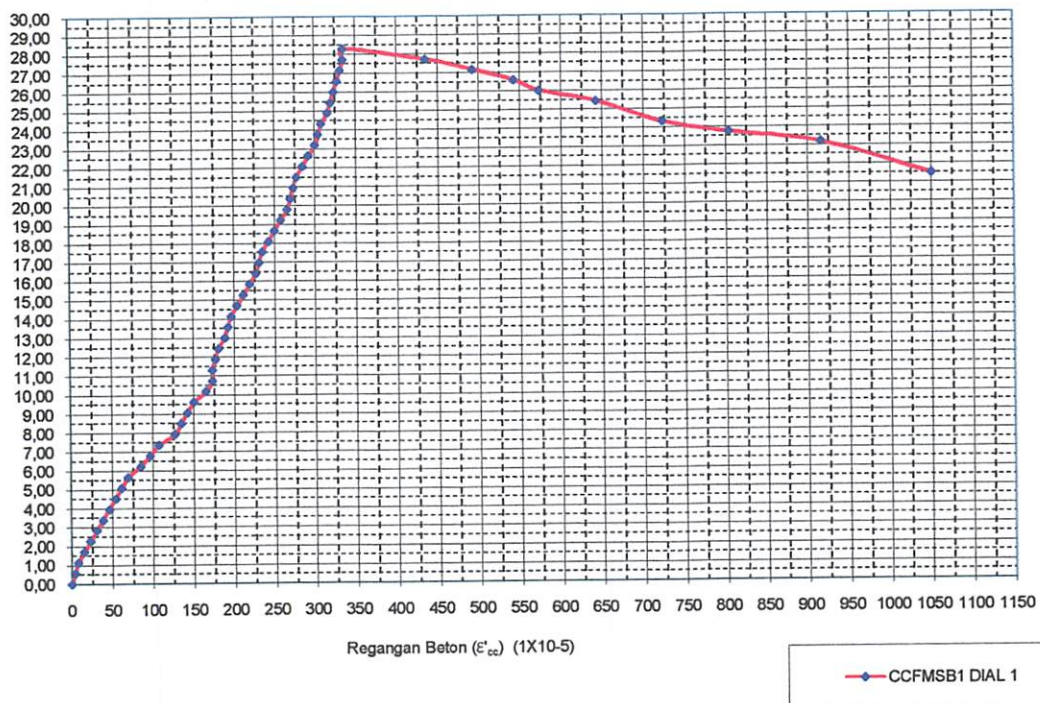
- 6 = Kuat Tekan Beton
- 7 = Regangan beton pada DIAL1
- 8 = Regangan beton pada DIAL 2
- 9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

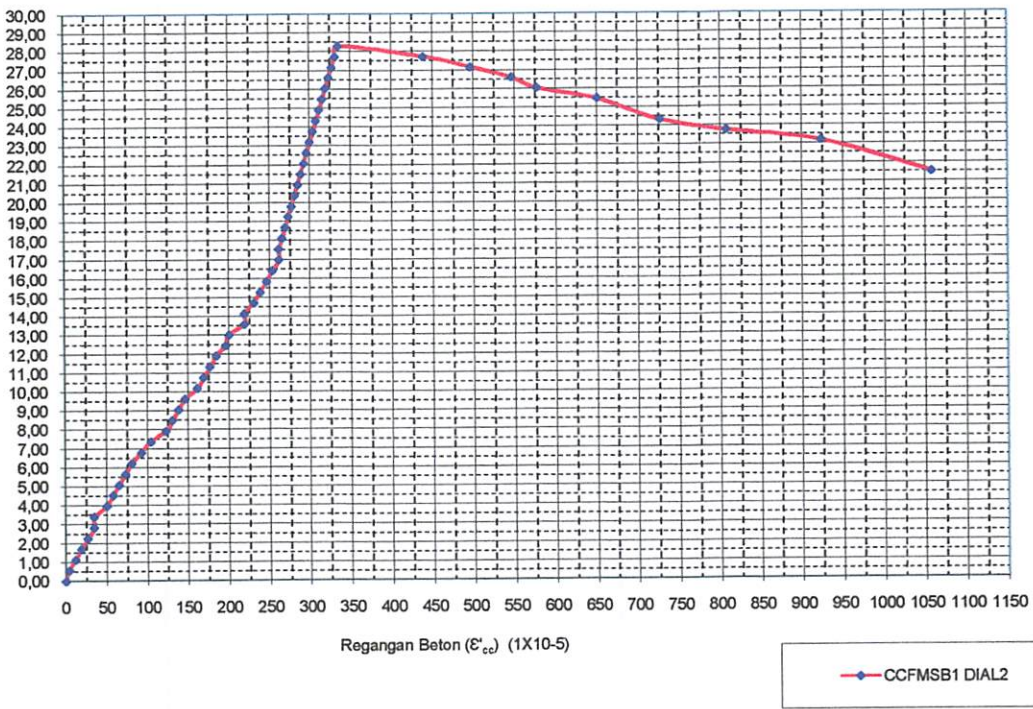
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

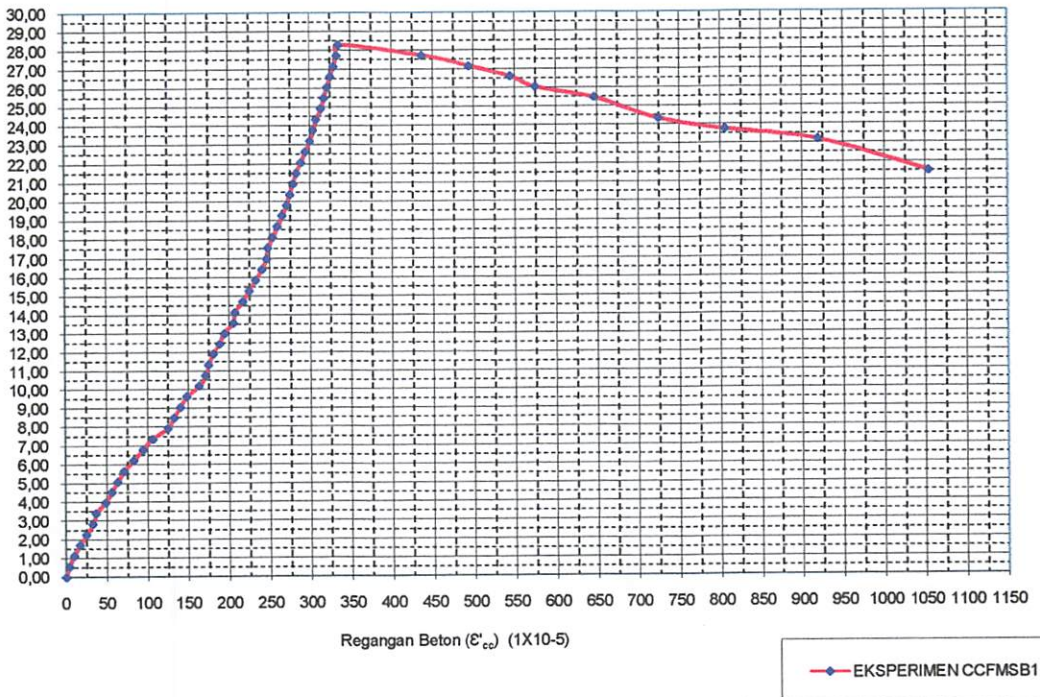
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFMSB1 DIAL 1



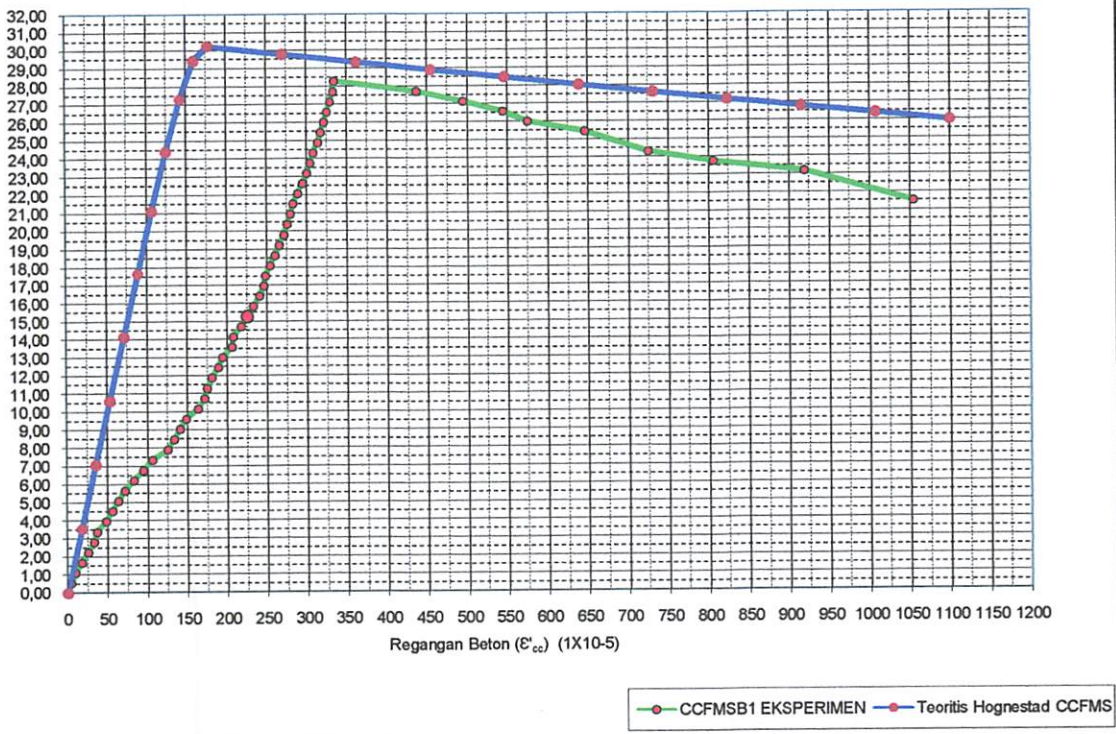
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFMSB1 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFMSB1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCFMSB1)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL L4.7-D

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (CCFMSB-2)

No)	DIAL 1	DIAL 2	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
	(mm)	(mm)						
	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	17679	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	17679	0,56566	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	2	260	17679	1,13131	0,00008	0,00008	7,69E-05
3	3	3	260	17679	1,69697	0,00012	0,00012	1,15E-04
4	5	4	260	17679	2,26263	0,00019	0,00015	1,73E-04
5	7	5	260	17679	2,82828	0,00027	0,00019	2,31E-04
6	7	6	260	17679	3,39394	0,00027	0,00023	2,50E-04
7	8	7	260	17679	3,95960	0,00031	0,00027	2,88E-04
8	9	8	260	17679	4,52525	0,00035	0,00031	3,27E-04
9	11	10	260	17679	5,09091	0,00042	0,00038	4,04E-04
10	13	12	260	17679	5,65657	0,00050	0,00046	4,81E-04
11	15	14	260	17679	6,22222	0,00058	0,00054	5,58E-04
12	17	16	260	17679	6,78788	0,00065	0,00062	6,35E-04
13	19	18	260	17679	7,35354	0,00073	0,00069	7,12E-04
14	21	20	260	17679	7,91919	0,00081	0,00077	7,88E-04
15	22	22	260	17679	8,48485	0,00085	0,00085	8,46E-04
16	25	24	260	17679	9,05051	0,00096	0,00092	9,42E-04
17	27	26	260	17679	9,61616	0,00104	0,00100	1,02E-03
18	29	28	260	17679	10,18182	0,00112	0,00108	1,10E-03
19	30	29	260	17679	10,74747	0,00115	0,00112	1,13E-03
20	32	31	260	17679	11,31313	0,00123	0,00119	1,21E-03
21	33	32	260	17679	11,87879	0,00127	0,00123	1,25E-03
22	36	35	260	17679	12,44444	0,00138	0,00135	1,37E-03
23	36	37	260	17679	13,01010	0,00138	0,00142	1,40E-03
24	38	39	260	17679	13,57576	0,00146	0,00150	1,48E-03
25	39	41	260	17679	14,14141	0,00150	0,00158	1,54E-03
26	40	44	260	17679	14,70707	0,00154	0,00169	1,62E-03
27	42	48	260	17679	15,27273	0,00162	0,00185	1,73E-03
28	44	50	260	17679	15,83838	0,00169	0,00192	1,81E-03
29	45	52	260	17679	16,40404	0,00173	0,00200	1,87E-03
30	48	54	260	17679	16,96970	0,00185	0,00208	1,96E-03
31	49	59	260	17679	17,53535	0,00188	0,00227	2,08E-03
32	51	61	260	17679	18,10101	0,00196	0,00235	2,15E-03
33	53	64	260	17679	18,66667	0,00204	0,00246	2,25E-03
34	56	67	260	17679	19,23232	0,00215	0,00258	2,37E-03
35	57	69	260	17679	19,79798	0,00219	0,00265	2,42E-03
36	59	72	260	17679	20,36364	0,00227	0,00277	2,52E-03
37	60	75	260	17679	20,92929	0,00231	0,00288	2,60E-03
38	64	76	260	17679	21,49495	0,00246	0,00292	2,69E-03
39	65	77	260	17679	22,06061	0,00250	0,00296	2,73E-03
40	68	78	260	17679	22,62626	0,00262	0,00300	2,81E-03
41	70	79	260	17679	23,19192	0,00269	0,00304	2,87E-03
42	73	80	260	17679	23,75758	0,00281	0,00308	2,94E-03
43	75	81	260	17679	24,32323	0,00288	0,00312	3,00E-03
44	76	82	260	17679	24,88889	0,00292	0,00315	3,04E-03
45	79	83	260	17679	25,45455	0,00304	0,00319	3,12E-03
46	82	84	260	17679	26,02020	0,00315	0,00323	3,19E-03
47	84	85	260	17679	26,58586	0,00323	0,00327	3,25E-03
48	86	86	260	17679	27,15152	0,00331	0,00331	3,31E-03
49	86	87	260	17679	27,71717	0,00331	0,00335	3,33E-03
49,5	87	88	260	17679	28,00000	0,00335	0,00338	3,37E-03
49	115	113	260	17679	27,71717	0,00442	0,00435	4,38E-03
47	130	132	260	17679	26,58586	0,00500	0,00508	5,04E-03
46	144	144	260	17679	26,02020	0,00554	0,00554	5,54E-03
45	158	157	260	17679	25,45455	0,00608	0,00604	6,06E-03
45	175	172	260	17679	25,45455	0,00673	0,00662	6,67E-03
43	193	185	260	17679	24,32323	0,00742	0,00712	7,27E-03
42	213	205	260	17679	23,75758	0,00819	0,00788	8,04E-03
40	244	244	260	17679	22,62626	0,00938	0,00938	9,38E-03
39	280	277	260	17679	22,06061	0,01077	0,01065	1,07E-02

an Kolom :

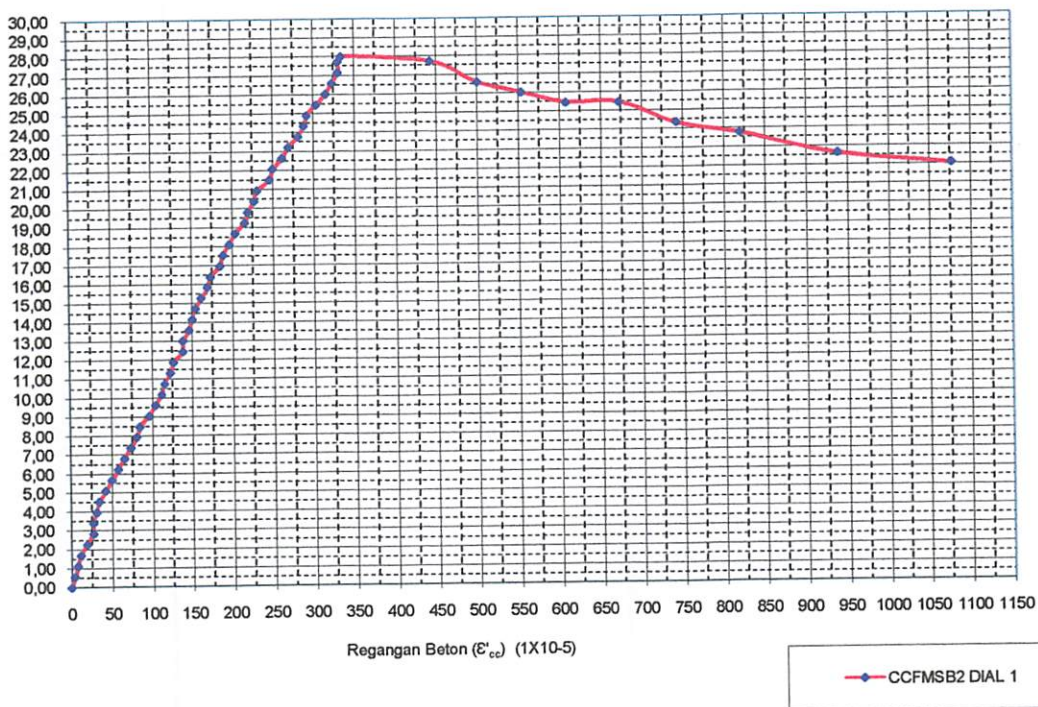
- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada DIAL 1
- 3 = Displacement pada DIAL 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan
- 5 = Luas penampang beton
- 6 = Kuat Tekan Beton
- 7 = Regangan beton pada DIAL1
- 8 = Regangan beton pada DIAL 2
- 9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

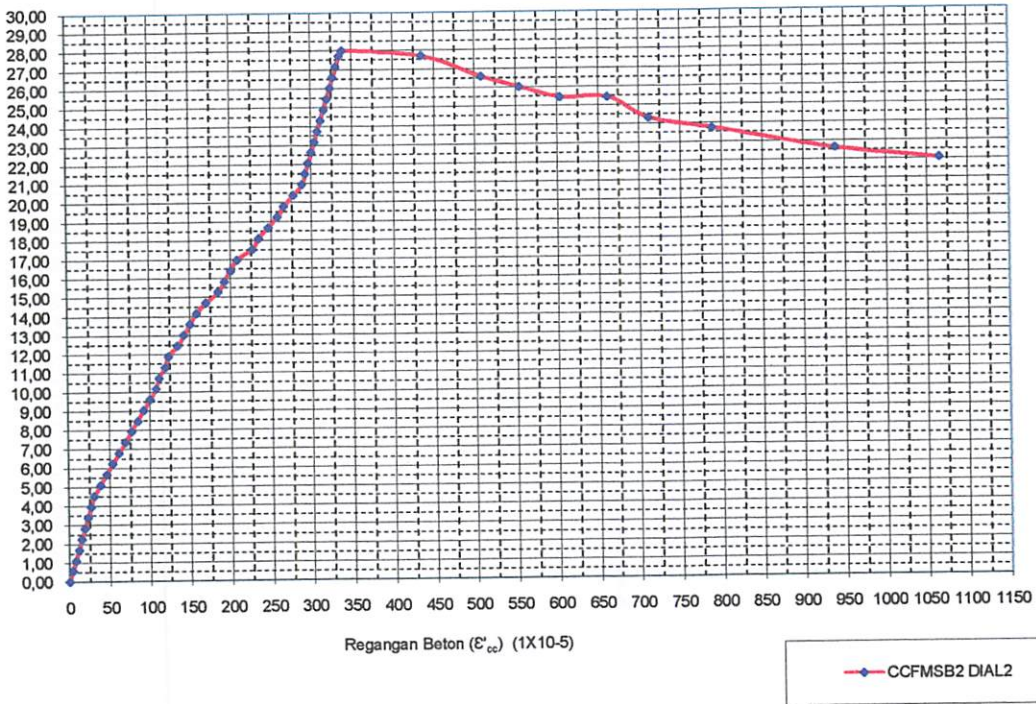
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

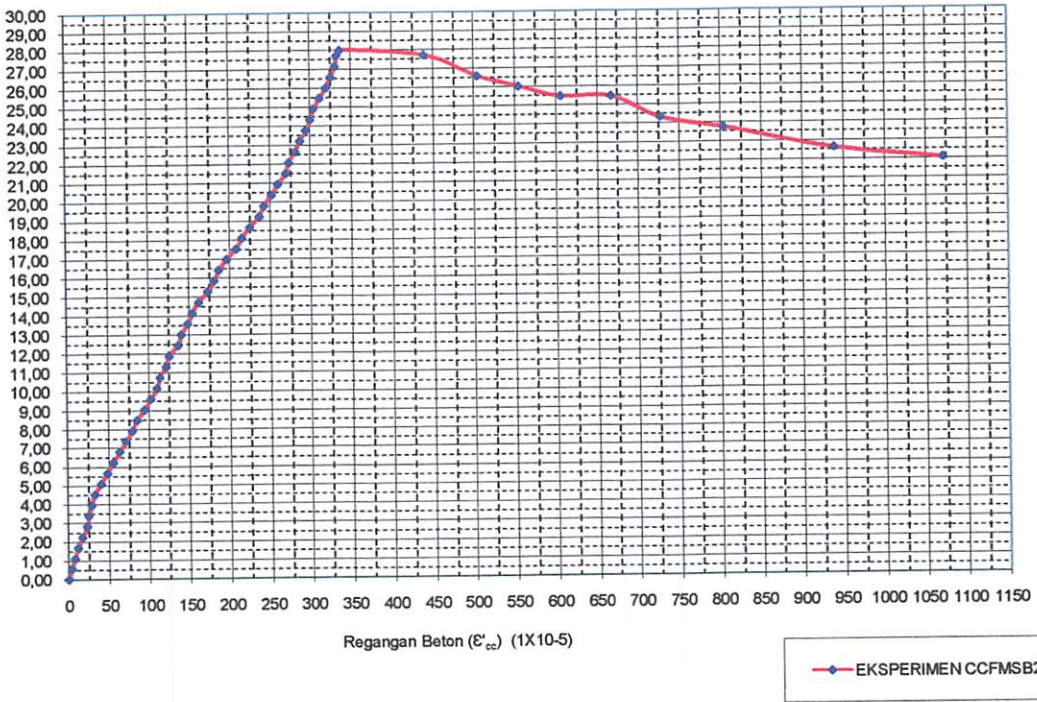
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFMSB2 DIAL 1



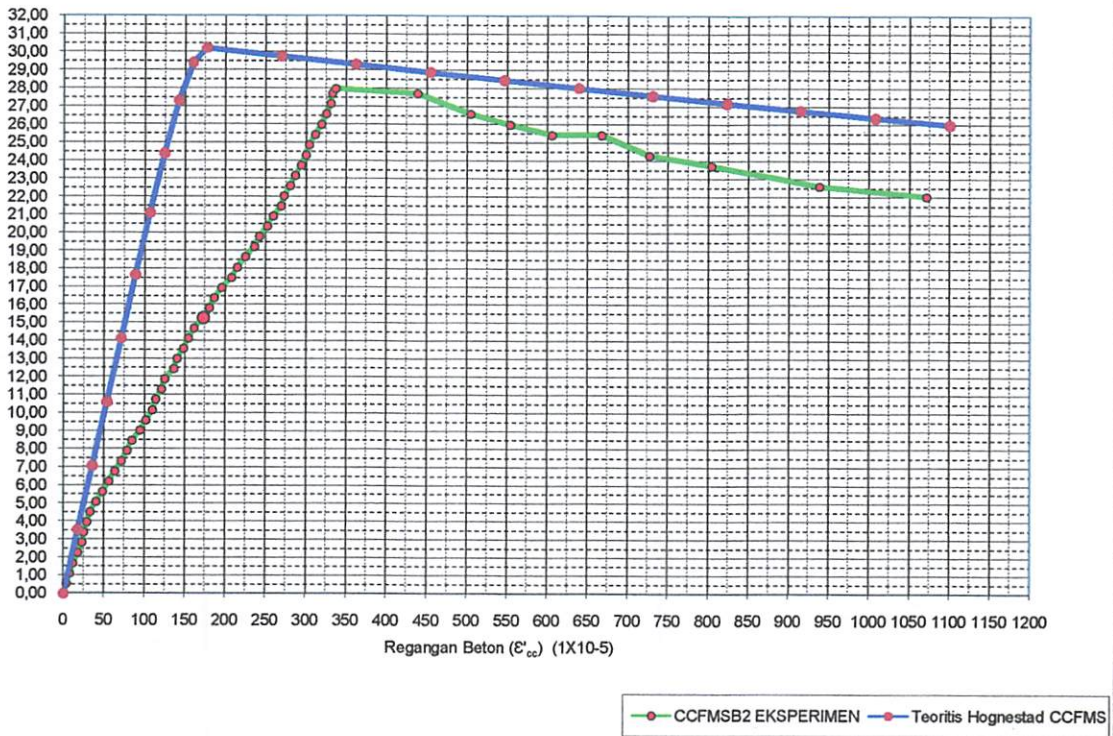
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFMSB2 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM CCFMSB2



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCFMSB2)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL RATA-RATA CCFMS

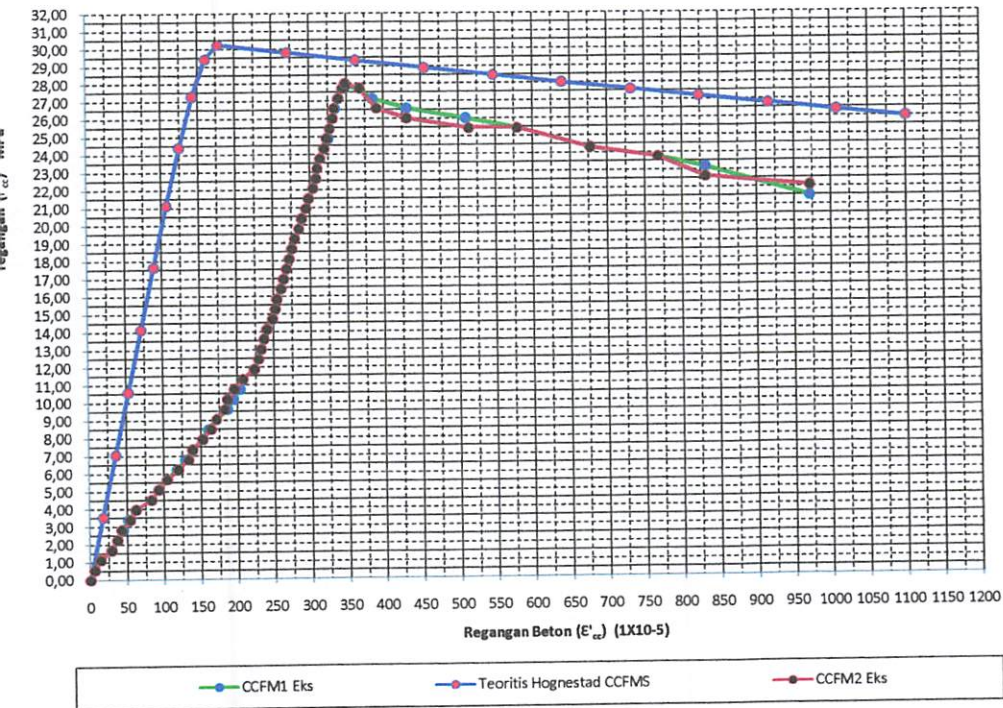
ϵ_c (%)	ϵ_c rata-rata
	2
000	0,0000000
566	0,0000577
131	0,0001346
697	0,0002885
263	0,0003654
828	0,0004327
394	0,0005288
960	0,0006154
525	0,0008269
091	0,0009231
657	0,0010385
222	0,0011827
788	0,0013077
354	0,0013846
919	0,0015192
485	0,0016154
051	0,0017115
616	0,0018462
8182	0,0019038
4747	0,0020000
1313	0,0020769
7879	0,0022308
4444	0,0022885
1010	0,0023269
7576	0,0023654
4141	0,0024038
0707	0,0024808
7273	0,0025192
3838	0,0025385
0404	0,0025962
6970	0,0026346
3535	0,0026731
0101	0,0027115
6667	0,0027500
3232	0,0027885
9798	0,0028462
6364	0,0028846
2929	0,0029423
9495	0,0029808
06061	0,0030385
2626	0,0030769
9192	0,0030962
7578	0,0031346
32323	0,0031923
8889	0,0032404
5455	0,0032692
02020	0,0033077
58586	0,0033365
5152	0,0033846
71717	0,0034423
91515	0,0034808
71717	0,0036731
86869	0,0038750
30303	0,0043077
73737	0,0051154
45455	0,0057885
32323	0,0067692
75758	0,0076731
90909	0,0083077
77778	0,0097115

P Maks
49,35

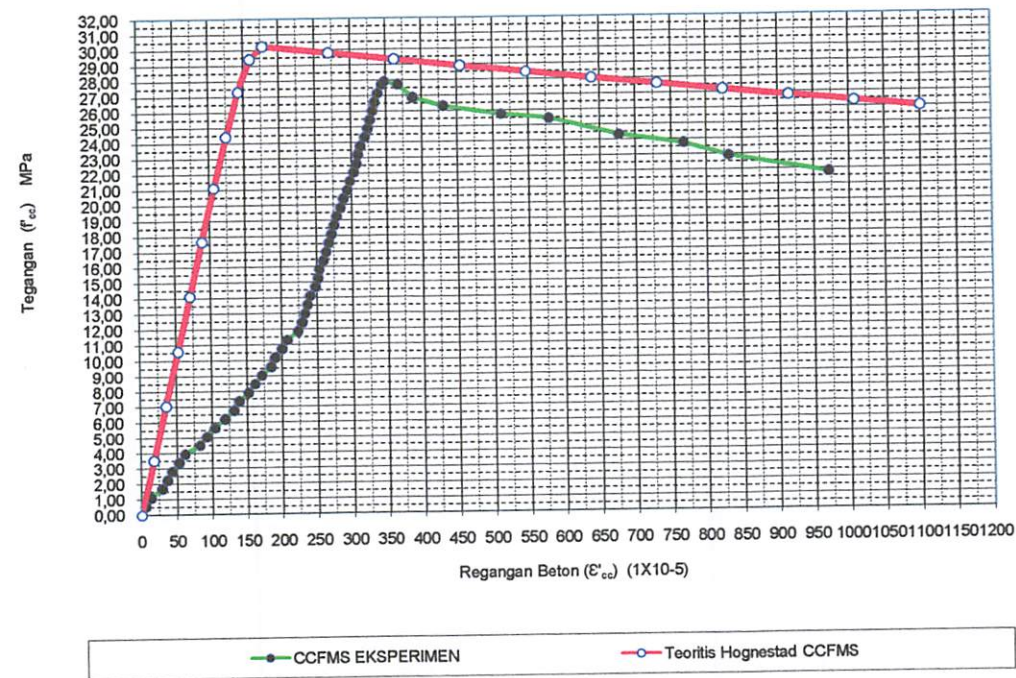
f_c (Mpa)	ϵ_c rata-rata
1	2
0,00000	0,0000000
0,56566	0,0000385
1,13131	0,0000865
1,69697	0,0001442
2,26263	0,0002115
2,82828	0,0002788
3,39394	0,0003077
3,95960	0,0003846
4,52525	0,0004423
5,09091	0,0005192
5,65657	0,0005962
6,22222	0,0006923
6,78788	0,0007885
7,35354	0,0008846
7,91919	0,0010192
8,48485	0,0010865
9,05051	0,0011731
9,61616	0,0012500
10,18182	0,0013654
10,74747	0,0014231
11,31313	0,0014808
11,87879	0,0015288
12,44444	0,0016250
13,01010	0,0016731
13,57576	0,0017692
14,14141	0,0018077
14,70707	0,0018942
15,27273	0,0019904
15,83838	0,0020673
16,40404	0,0021346
16,96970	0,0022115
17,53535	0,0022788
18,10101	0,0023462
18,66667	0,0024231
19,23232	0,0025096
19,79798	0,0025673
20,36364	0,0026346
20,92929	0,0026923
21,49495	0,0027596
22,06061	0,0028077
22,62626	0,0028750
23,19192	0,0029327
23,75758	0,0029904
24,32323	0,0030385
24,88889	0,0030865
25,45455	0,0031442
26,02020	0,0032019
26,58586	0,0032500
27,15152	0,0032981
27,71717	0,0033269
28,14141	0,0033558
27,71717	0,0043750
26,86869	0,0049904
26,30303	0,0054904
25,73737	0,0059038
25,45455	0,0065673
24,32323	0,0072596
23,75758	0,0080481
22,90909	0,0092885
21,77778	0,0106250

P Maks
49,75

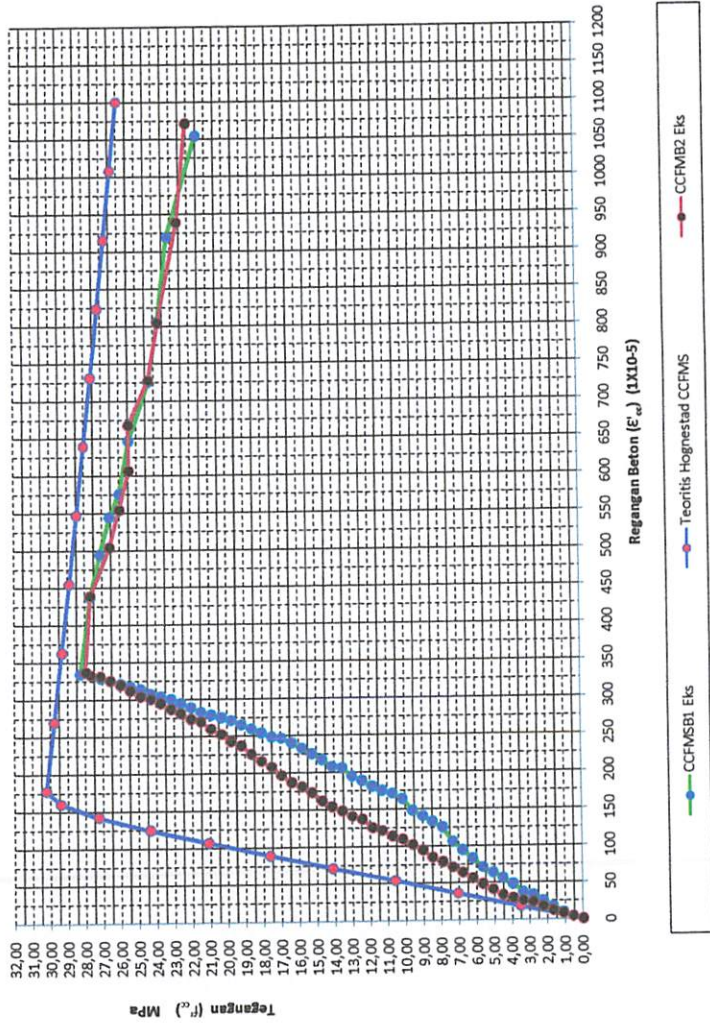
Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCFMS)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



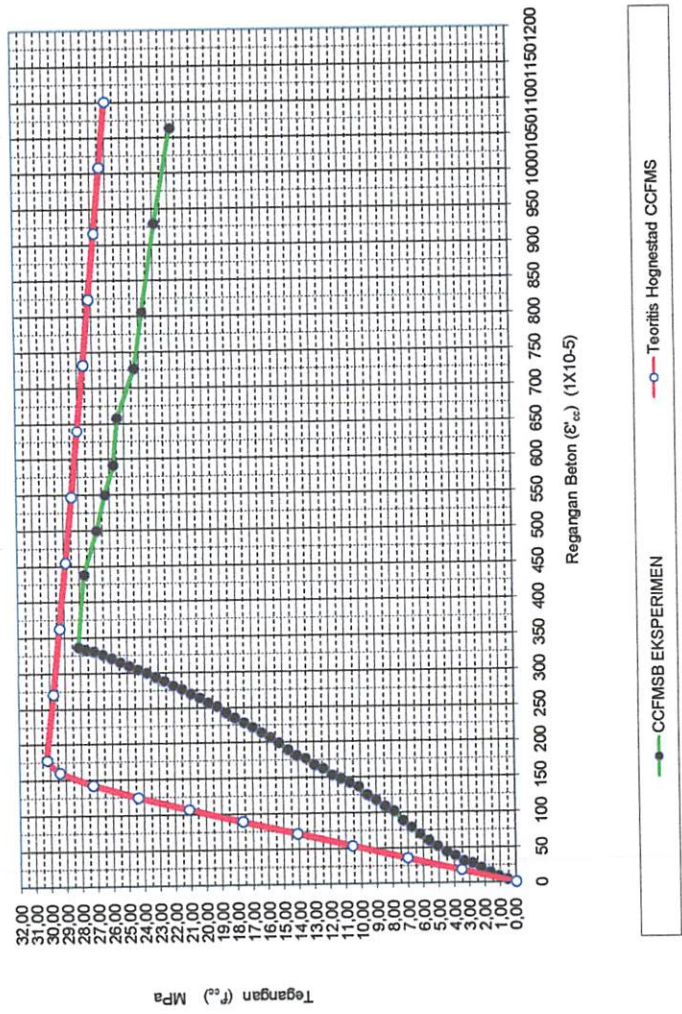
Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCFMS)
Analisis Teoritis dan Eksperimen Rata-Rata



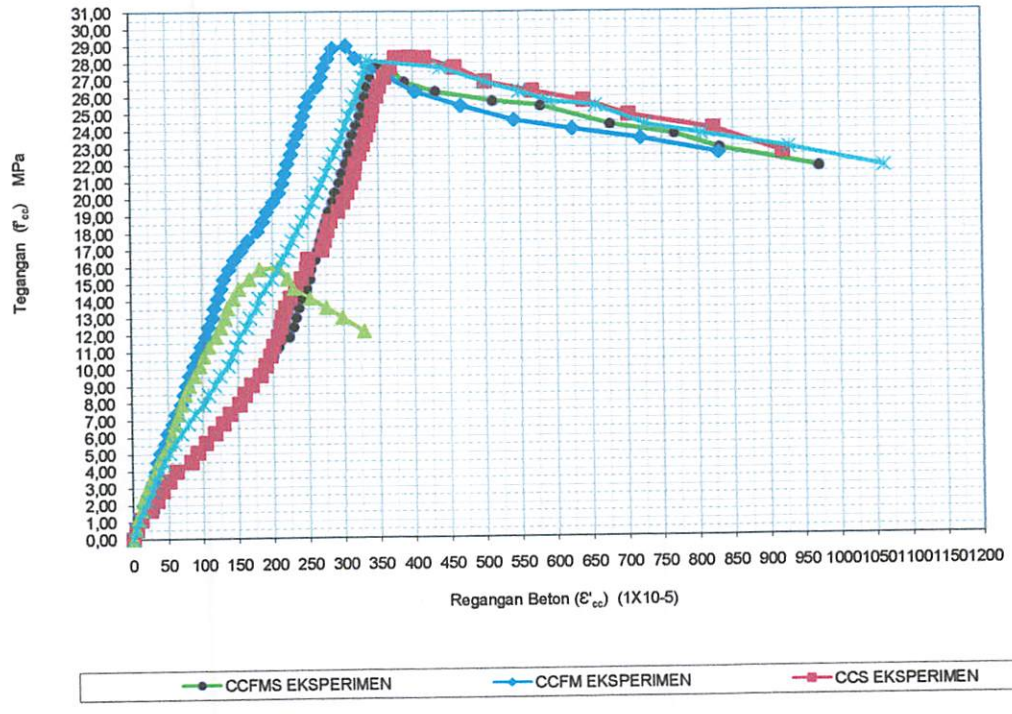
Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCFMSB)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



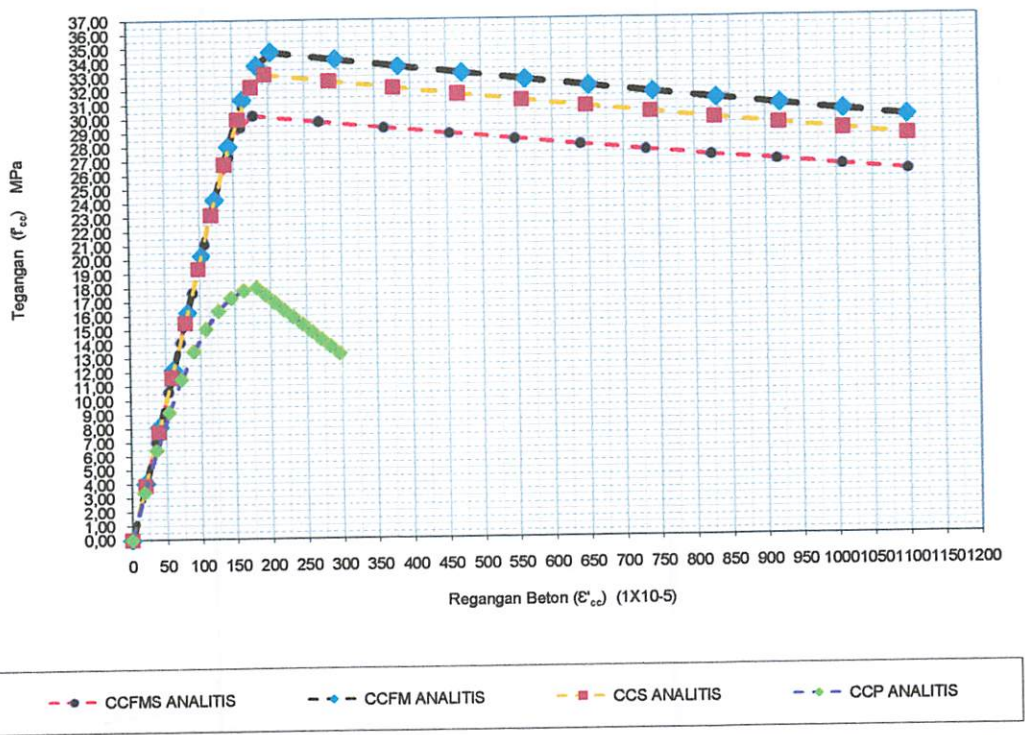
Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (CCFMSB)
Analisis Teoritis dan Eksperimen Rata-Rata



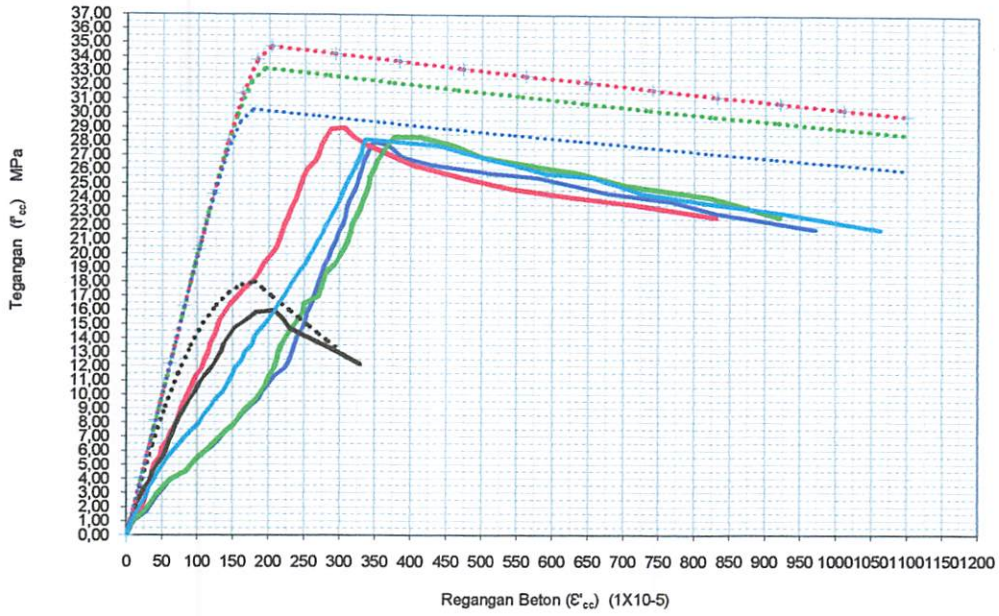
Kurva Tegangan Regangan Kolom GABUNGAN
Analisis Eksperimen Rata-Rata



Kurva Tegangan Regangan Kolom GABUNGAN
Analisis Teoritis Rata-Rata



Kurva Tegangan Regangan Kolom GABUNGAN
 Analisis Teoritis dan Eksperimen Rata-Rata



— CCFMS EKSPERIMEN	— CCFM EKSPERIMEN	— CCS EKSPERIMEN
— CCP EKSPERIMEN	... CCS ANALITIS	... CCP ANALITIS
... CCFM ANALITIS	... CCFMS ANALITIS	— CCFMSB EKSPERIMEN

No.	Kolom	ρ_s	f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}	f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}	ρ_s
1	CCP	0	15,97980	0,00208	0,00329	0	0	0	
2	CCFM	0,0174	28,98990	0,00306	0,00830	44,88	32,08	60,37	100
3	CCS	0,0320	28,31111	0,00395	0,00920	-2,40	22,63	9,82	45,625
4	CCFMS	0,027	27,91515	0,00348	0,00971	1,40	11,92	-5,54	15,625
5	CCFMSB	0,027	28,14141	0,00336	0,01063	-0,81	3,59	-9,41	0

18,51852

No.	Tipe Kolom	Analisa Teoritis			Analisa Eksperimen			Perbedaan (%)		
		f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}	f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}	f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}
1	CCP	17,9670	0,0018	0,0031	15,9798	0,0021	0,0033	11,060	-15,146	-6,372
2	CCFM	34,7285	0,0020	0,0110	28,9899	0,0031	0,0083	16,524	-49,919	24,563
3	CCS	32,6581	0,0029	0,0110	28,3111	0,0040	0,0092	13,311	-38,544	16,346
4	CCFMS	30,2342	0,0018	0,0110	27,9152	0,0035	0,0097	7,670	-96,032	11,713
5	CCFMSB	30,2342	0,0018	0,0110	28,14141	0,00336	0,01063	6,922004	-88,9918	3,409091



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

GERO) MALANG
GA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

: ITN- 0305.02/21/B/TA/II/Gnp 2012

03 Mei 2012

: -

: **Bimbingan Skripsi**

Yth : **Bpk./ Ibu Yosimson P. Manaha, ST., MT**

Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di -

MALANG

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : **Rully Setiawan Dwi Putra**

Nim : **07 21 015**

Prodi : **Teknik Sipil (S-1)**

Untuk dapat Membimbing Skripsi dan Mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :
"Studi Penelitian Perkuatan Kolom Beton Bertulang Bulat Dengan Menggunakan Fine Mesh Ø 4 – 5".

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi.

Waktu penyelesaian Skripsi tersebut selama 6 (Enam) bulan terhitung mulai tanggal :
03 Mei 2012 s/d 02 Nopember 2012. Apabila melebihi batas waktu yang telah di tentukan tetapi belum selesai, maka mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya.

Demikian atas perhatiannya kami di sampaikan banyak terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)
Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan

Ir. H. Hirijanto, MT
NIP. 101 88 00182

san Kepada Yth :
Arsip.



PERKUMPULAN PENGELOLA UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

GEROJ MALANG
SA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

: ITN- 0305.02/21/B/TA/II/Gnp 2012

: -

03 Mei 2012

: **Bimbingan Skripsi**

Yth : **Bpk./ Ibu Ir. H. Sudirman Indra, MSc**

Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di -

MALANG

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : **Rully Setiawan Dwi Putra**

Nim : **07 21 015**

Prodi : **Teknik Sipil (S-1)**

Untuk dapat Membimbing Skripsi dan Mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :
"Studi Penelitian Perkuatan Kolom Beton Bertulang Bulat Dengan Menggunakan Fine Mesh Ø 4 - 5".

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi.

Waktu penyelesaian Skripsi tersebut selama 6 (Enam) bulan terhitung mulai tanggal :
03 Mei 2012 s/d 02 Nopember 2012. Apabila melebihi batas waktu yang telah di tentukan tetapi belum selesai, maka mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya.

Demikian atas perhatiannya kami di sampaikan banyak terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)
Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan

Ir. H. Hirijanto, MT
NIP. 101'88 00182

Kepada Yth :
sip.



JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG
BULAT DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH ϕ 4 - 50

NAMA : Rully Setiawan Dwi Putra
NIM : 07.21.015
JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1
DOSEN PEMBIMBING : Yosimson P. Manaha, ST., MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	15/5-2012	- perbaikan Bab I, II dan III - siapkan pembelian material	
	06/6-12	- Bab III. di buat. sesuai hasil uji material - siapkan bahan	
	28/6-12	- hitungan kolom fontisik	
	03/07-12	- perbaikan hitungan fontisik - siapkan mix Desain beton	



JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG

BULAT DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH ϕ 4 - 50

NAMA : Rully Setiawan Dwi Putra

NIM : 07.21.015

JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1

Dosen Pembimbing : Yosimson P. Manaha, ST., MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	05/07-12	Siapkan penggecoran kolom & perawatannya	
	06/08-12	- persiapkan test kolom dan silinder	
	07/09-12	- Analisa Data hasil Eksperimen kolom & silinder, gunakan Rumus yg berlaku	
	21/09-12	- Cek lagi, hitungan kolom yg. fc real & p yg bebaya pd masing kolom cek grafik = nya.	



JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG
BULAT DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH Ø 4 – 50

NAMA : Rully Setiawan Dwi Putra
NIM : 07.21.015
URUSAN : TEKNIK SIPIL S-1
DOSEN PEMBIMBING : Yosimson P. Manaha, ST., MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	19/09-12	- perbaikan malar f/c & fyp yg dipatani - cek lagi penelitian Eks permental	
	03/10-12	- Buat validasi hasil Ecs Vs teoritis - cek topic pendetrik & kesimpulan	
	10/10-12	- kesimpulan dan cek lagi, Buat Abstraksi	



JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG

BULAT DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH ϕ 4 - 50

NAMA : Rully Setiawan Dwi Putra
NIM : 07.21.015
JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1
DOSEN PEMBIMBING : Yosimson P. Manaha, ST., MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	22/10-12	Lampiran 2 di buat yg lengkap - cek semua saran.	
	02/11-12	Abstrak di pabuat lengkap, siapkan bahan presentasi seminar hasil	
	03/11-12	Dapat Maju Seminar hasil, pelayanan	



JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG
BULAT DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH ϕ 4 - 50

NAMA : Rully Setiawan Dwi Putra
NIM : 07.21.015
JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1
DOSEN PEMBIMBING : Ir. H. Sudirman Indra, MSc

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	$\frac{20}{10}$ 012.	<ul style="list-style-type: none">- Arti Water- Muka γ_s & γ_c: dan Air & out. Renc. Ar. $f_c \approx 17,5$ → $f_c = 17,5$- layan Foto? Expert Rendin.- Sama — Hrael (tub. — Rendin. — Aspek ?- sikh 4, 4	J



FORM REVISI / PERBAIKAN
 BIDANG Penelitian

Nama Pully Setiawan Dwi Putra

NIM 07.21.041

Hari/tanggal Senin / 3 - 12 - 2012

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi:

presentasi : parameter penelitian lengkap dg. gambar.

- Abstrak : - buat lebih singkat → 1 spasi
 - $\phi 4-50$ fix max.
 - model?
 - kesimpulan efektif? ✓

Symbol refleksi → E ✓

⊕ pembahasan dalam RCP - teoritis vs. hasil experiment.
 warna-grafik. ✓

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Pengumpulan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 03 - 12 - 2012

Dosen Pembahas

Malang, 03 - 12 - 2012

Dosen Pembahas

FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG Penelitian

Nama Pully Setiawan Dwi Putra

NIM 07.01.015

Hari/tanggal Senin 13-12-2012

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi:

1. Situasika pemukiman
2. cek hit had ϕ tulgan dan kusan kolom.
 $\phi - \phi$.
3. Tampilkan grafik usg $\frac{1}{2}$ had yg dibandikan
4. tampilkan Grafik warna
5. cek kembali Abstrak ; kesimpulan

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Pengumpulan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui:
Malang. 12-12-2012
Dosen Pembahas

[Signature]

Malang. 08 Des 2012
Dosen Pembahas

[Signature]
TOTO HAJI

FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG PENELITIAN

Nama : Pully Setiawan Dwi Putra

NIM : 07.21.015

Hari / tanggal : Sabtu / 09 Februari 2013

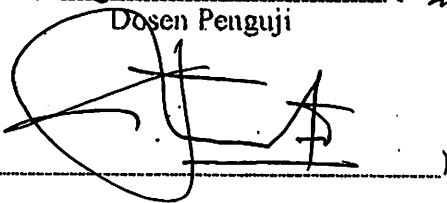
an materi Skripsi meliputi :

cek ps

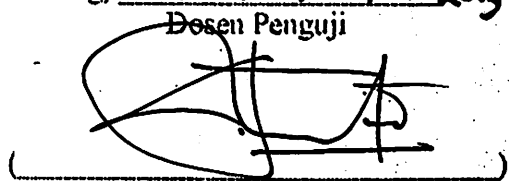
an Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian
nakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 19-02- 2013
Dosen Penguji



Malang, 09 Februari 2013
Dosen Penguji



FORM REVISI / PERBAIKAN
BIDANG PENELITIAN

Nama : Pully Setiawan Dwi Putra
NIM : 07.21.015
Hari / tanggal : Sabtu / 09 Februari 2013

tema materi Skripsi meliputi :

Tabel 4.3 → kolom 1-9 jelaskan
apa maksudnya.

Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian
kan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikutkan Yudisium.

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 19 Feb, 2013
Dosen Penguji

[Signature]
Toni

Malang, 9 Feb, 2013.
Dosen Penguji

[Signature]
Toni