

SKRIPSI

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



Disusun Oleh :
RATIH PRAWIRAWATI
(07.21.041)

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

1971

STUDI PENELITIAN PERKEMBANGAN KELOMPOK BERTUMBUH
PESERTA DENGAN MELAKUKAN PENELITIAN TERSEBUT

Disusun oleh :
RATU PERMAYATI
(03.21.041)

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL 3-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALAYA

2013

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG
PERSEGI DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH ϕ 4 – 50**

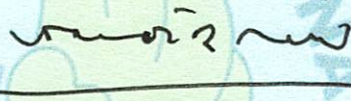
*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :
RATHI PRAWIRAWATI
0721041**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



**(Ir. Togi H. Nainggolan, MS)
NIP. Y. 1018300052**

**(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
PERSEGI DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH \varnothing 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 :
RATIH PRAWIRAWATI
0721041**

Disahkan Oleh :

Ketua


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

Sekretaris


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

Anggota Penguji :

Penguji I



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

Penguji II



**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 : RATIH PRAWIRAWATI
NIM : 07.21.041
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 PERSEGI 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



RATIH PRAWIRAWATI

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Berkat dan Rahmat-Nya, sehingga Penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul :” **STUDI PENELITIAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG PERSEGI 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.
6. Bapak Ir. Eding Iskak Imananto, MT dan Bapak Yosimson P. Manaha, ST, MT sebagai Dosen Penguji

7. Bapak Ir. Togi H. Nainggolan, MS 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 PERSEGI DENGAN MENGGUNAKAN FINE MESH Ø 4 - 50

Ir. H. Sudirman Indra, MSc¹, Ir. Togi H. Nainggolan, MS² dan Ratih Prawirawati³

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

Keruntuhan bangunan gedung yang terjadi akibat gempa bumi selama ini banyak disebabkan oleh perancangan kolom yang tidak memperhitungkan kebutuhan *daktilitas* atau pengekangan, 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*”. Salah satu solusi untuk meningkatkan struktur gedung lama adalah dengan meretrofit (dikupas selimutnya dan dicor ulang) kolom dengan cara penelitian menggunakan fine mesh. Tujuannya adalah meneliti efektifitas dan model kurva tulangan *sengkang* yang dibungkus lapisan *fine mesh* sebagai pengegang kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan *sengkang BJTP*

Untuk mengetahui peningkatan kolom beton, hal pertama yang dilakukan adalah memprediksi melalui pendekatan analisis teoritis, setelah itu dilakukan uji eksperimental. Dalam pengujian eksperimental digunakan benda uji kolom persegi 130 x 130 mm, dan tinggi kolom 600 mm. Pelaksanaannya dilakukan dengan uji tarik baja dan fine mesh Ø 4-50, menggunakan kolom pengujian benda uji menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)* berkapasitas 200 ton.

Penelitian ini mendapatkan hasil yang telah dibandingkan baik hasil teoritis dan eksperimen antara kolom RCS dan RCFMS(A) dan RCFMS(B) dan diperoleh hasil f'_{cc} , \mathcal{E}_{cc} dan \mathcal{E}_{cu} yang perbedaannya < 15%, sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan *fine mesh* Ø 4-50 sebagai tulangan pengegang tambahan pada kolom persegi beton bertulang yang di bungkus secara langsung maupun di *retrofit* cukup efektif.

Kata kunci: *daktilitas, fine mesh* Ø 4-50, pengegang, regangan, *retrofit*, tegangan

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. TINJAUAN 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	15
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.....	22
3.5.3. Peralatan Pengujian Silinder dan Kolom.....	29
3.5.4. Tahap Pelaksanaan Eksperimen	30
3.6. Analitis Data	31
3.7. Laporan Yang Akan Dikerjakan.....	31
3.8. Bagan Alir Rencana Penelitian.....	33
3.9. Parameter Penelitian	34
3.9.1. Preliminary Analysis	34
a. Analisis Teoritis Kolom Tanpa Pengekangan (RCP).....	35
b. Analisis Teoritis Kolom Uji Terkekang Fine Mesh,Kolom (RCFM)	38
c. Analisis Teoritis Balok Uji Konfainmen Konvensional Kolom (RCS).....	43
d. Analisis Teoritis Balok Uji Terkekang Fine Mesh Dan Konfainmen Konvensional Kolom (RCFMS).....	48

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Laboratorium.....	55
4.1.1. Perancangan Mix Desain Beton	55
4.1.2. Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder.....	55
4.1.3. Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan.....	55
4.1.4. Pengujian Kuat Tarik Fine Mesh.....	56
4.2. Perhitungan Analisis	56
4.2.1. Perancangan Tulangan Kolom Tanpa Fine Mesh	56
4.2.2. Perencanaan Jumlah Layer Fine Mesh.....	57
4.2.3. Hasil Kurva Tegangan-Regangan Teoritis Kolom Terkekang Konvensional Dan Fine Mesh Berdasarkan Rumus Pauley Dan Priestley.....	58

4.3. Hasil Pengujian Kolom Terkekang Konvensional Dan Fine Mesh.....	60
4.3.1. Mekanisme Keruntuhan Benda Uji	61
1) Mekanisme Keruntuhan Benda Uji Beton Tidak Terkekang.....	60
2) Mekanisme Keruntuhan Benda Uji Beton Terkekang.....	61
4.3.2. Analisis Eksperimental Regangan Tulangan.....	65
4.3.3. Analisis Eksperimental Tegangan-Regangan Beton Kolom RCP.....	69
4.3.4. Analisis Eksperimental Tegangan-Regangan Beton Kolom RCS.....	71
4.3.5. Analisis Eksperimental Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFMS(A).....	73
4.3.6. Analisis Eksperimental Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFMS(B)	75
4.3.7. Analisis Eksperimental Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFM.....	77
4.4. Perbandingan Hasil Eksperimental Pada Masing-Masing Kolom.....	79
4.5. Perbandingan Data Hasil Hipotesa Teoritis Dan Eksperimental.....	82
4.6. Pembahasan Hasil Ujian.....	83
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	89
5.2. Saran	90
DAFTAR PUSTAKA.....	91
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Benda Uji	22
Tabel 3.2 : Analisis Teoritis Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton Tanpa Pengekangan (RCP)	36
Tabel 3.3 : Analisis Teoritis Kurva Tegangan-Regangan (RCFM)	41
Tabel 3.4 : Analisis Teoritis Kurva Tegangan-Regangan (RCS).....	47
Tabel 3.5 : Analisis Teoritis Kurva Tegangan-Regangan (RCFMS).....	52
Tabel 3.6 : Perhitungan Analisis $f'_{cc}, \epsilon_{cc}, \epsilon_{cu}$	54
Tabel 4.1 : Perhitungan Luas Tulangan Longitudinal Dan Pengekangan Kolom	57
Tabel 4.2 : Perhitungan Teoritis $f'_{cc}, \epsilon_{cc}, \epsilon_{cu}$	58
Tabel 4.3 : Hasil Eksperimental.....	81
Tabel 4.4 : Perbandingan Data Hasil Hipotesa Teoritis Dan Eksperimental	82

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.....	18
Grafik 3.6 : Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom RCP	37
Grafik 3.8 : Kurva Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom RCFM	43
Grafik 3.10: Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom RCS	49
Grafik 3.12: Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom RCFMS	53
Grafik 3.13: Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom Gabungan.....	54
Grafik 4.1 : Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton Teoritis Pada Masing-Masing Kolom	59
Grafik 4.6 : Grafik Tegangan-Regangan Fine Mesh pada kolom RCFM	67
Grafik 4.7 : Grafik Tegangan-Regangan Tulangan Spiral pada kolom RCS ..	68
Grafik 4.8 : Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Dan Eksperimental Kolom (RCP 1 Dan RCP 2)	70
Grafik 4.9 : Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Dan Eksperimental Kolom (RCS 1 Dan RCS 2)	72
Grafik 4.10: Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Dan Eksperimental Kolom (RCFMS(A) 1 Dan RCFMS(A) 2)	74
Grafik 4.10: Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Dan Eksperimental Kolom (RCFMS(B) 1 Dan RCFMS(B) 2)	76
Grafik 4.11: Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Dan Eksperimental Kolom (RCFM 1 Dan RCFM 2)	78
Grafik 4.12: Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Beton Gabungan	80

DAFTAR NOTASI

- JTP = Baja Tulangan Polos
- ρ_s = Rasio volumetrik tulangan spiral
- f'_c = Kuat tekan beton rencana (MPa)
- f_{yh} = Kuat leleh tulangan spiral BJTP (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. Latar belakang

Ancaman gempa bumi yang sering terjadi di Indonesia hampir selalu menelan korban jiwa. Namun dapat dipastikan bahwa korban jiwa tersebut bukan diakibatkan secara langsung oleh gempa, tetapi diakibatkan oleh keruntuhan bangunan pada saat terjadi gempa. Runtuhnya bangunan saat terjadi gempa akan menimpa orang yang berada didalamnya sehingga dapat menimbulkan luka-luka bahkan kematian. Hal tersebut menjadikan meningkatnya kebutuhan bangunan untuk perumahan terutama bangunan tahan gempa. Dengan bangunan tahan gempa maka korban jiwa akibat adanya gempa dapat diminimalkan.

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 pengekangan, 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 pengekang untuk mencapai daktilitas yang disyaratkan. Pendetailan khusus dalam bentuk pengekangan 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 pengekangan 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 daktail, karena harga *fine mesh* yang relatif murah, mudah didapat dan mempunyai nilai

praktis yang sangat tinggi. Selain itu *Fine mesh* sudah terfabrikasi dalam bentuk ring, sehingga hal tersebut memberikan presisi yang lebih baik. Oleh karena itu penelitian mengenai efektifitas *fine mesh* sebagai tulangan pengekan 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 *sengkang BJTP* yang dibungkus lapisan *fine mesh* sebagai pengekan (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekan tulangan *sengkang BJTP*.
2. Bagaimana efektifitas tulangan *sengkang BJTP* yang di-*retrofit* lapisan *fine mesh* sebagai pengekan (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekan tulangan *sengkang BJTP*.
3. Bagaimana model kurva hubungan tegangan-regangan kolom beton terkekan tulangan *sengkang BJTP* yang dibungkus lapisan *fine mesh* dan kolom beton terkekan tulangan *sengkang 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 *sengkang BJTP* yang dibungkus lapisan *fine mesh* sebagai pengekan (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekan tulangan *sengkang BJTP*.

2. Mendapatkan efektifitas tulangan *sengkang BJTP* yang di-*retrofit* lapisan *fine mesh* sebagai pengekang (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan *sengkang BJTP*.

Mendapatkan model kurva hubungan tegangan-regangan kolom beton terkekang tulangan *sengkang BJTP* yang dibungkus lapisan *fine mesh* dan kolom beton terkekang tulangan *sengkang 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 *sengkang* 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 *sengkang* 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 pengekang. Model ini didasarkan bukti bahwa tekanan lateral ekuivalen yang berasal dari tulangan kekang berbeda-beda besarnya, tergantung konfigurasi tulangan pengekangnya. 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 pengekangan 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 pengekangan pada inti beton. Manaha Y. P., (2007) membandingkan efektifitas fine mesh Ø4 mm dengan tulangan spirial sebagai pengekang kolom bulat, Manaha Y. P., (2009), membuat pengekangan 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 pengekanan juga meningkat, sehingga tidak dapat dihindari saling berhimpitnya tulangan transversal tersebut. Riset penggunaan *fine mesh* untuk pengekanan belum banyak dilakukan sehingga belum dapat dibuat kesimpulan akhir bahwa *fine mesh* efektif untuk pengekanan.

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 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 pengekanan pada kolom beton.
2. Kolom beton dengan pengekanan tulangan sengkang yang diberi lapisan fine mesh (RCFMS) mempunyai efektifitas pengekanan yang hampir sama bila dibandingkan dengan kolom beton yang dikekan tulangan sengkang (RCS) walaupun p_s nya sedikit berbeda yang mana kuat tekan (f'_{cc}) berbeda 7,42% regangan beton terkekan (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 pengekanan 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 terkekan 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 pengekan pada kolom beton.
2. Kolom beton dengan pengekan tulangan sengkang yang diberi lapisan fine mesh (RCFMS) mempunyai efektifitas pengekan yang hampir sama bila dibandingkan dengan kolom beton yang dikekan tulangan sengkang (RCS) walaupun p_s nya sedikit berbeda yang mana kuat tekan (f'_{cc}) berbeda 14,3% regangan beton terkekan (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 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 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 pengekekang pada kolom beton karena dari hasil penelitian didapat hasil perbedaan teoritis dan eksperimen tidak terlalu jauh.
2. Fine mesh Ø2-25 sebagai pengekekang 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 pengekangan tulangan sengkang yang diberi lapisan fine mesh (CCFMS) mempunyai efektifitas pengeka 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 pengeka 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.

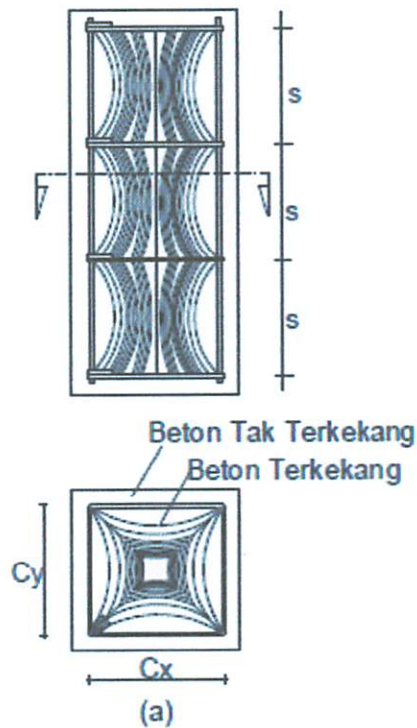
2.2. Pengekangan Pada Beton

Pengekangan 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 mengekang 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 tumpang (*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.

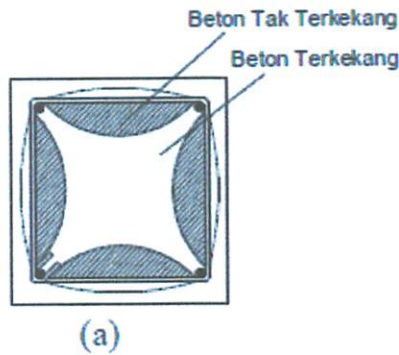
Kemampuan deformasi dari beton akan meningkat dengan adanya pengekangan, dan dapat mencapai regangan yang lebih tinggi pada puncak pembebanan. Besarnya regangan pada saat dicapainya tegangan puncak sangat tergantung pada efektifitas pengekangan yang dipasang. Pada penampang persegi daerah efektif terkekang 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 sengkang persegi

2.2.1. Pengekang Beton Dengan Tulangan Transversal Konvensional

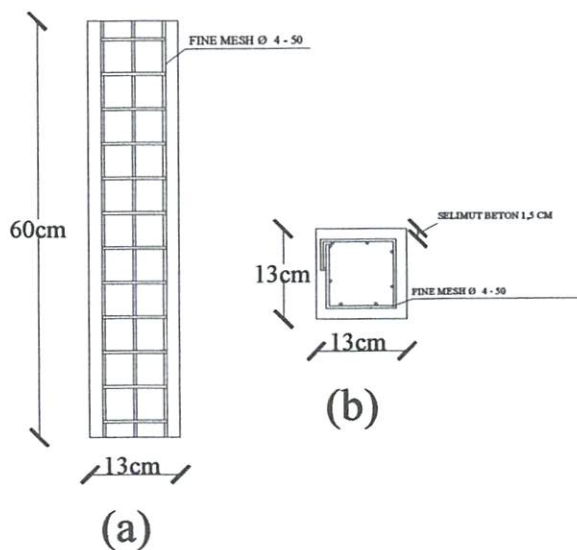
Pengekangan pada beton dapat berupa tulangan sengkang yang berbentuk persegi dan tulangan spiral yang berbentuk bulat. Tulangan sengkang atau spiral berfungsi untuk memikul gaya geser, mengkekang beton agar mengurangi resiko pecahnya beton dan membuat lebih kaku sambungan tulangan memanjang. Sengkang 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 sengkang

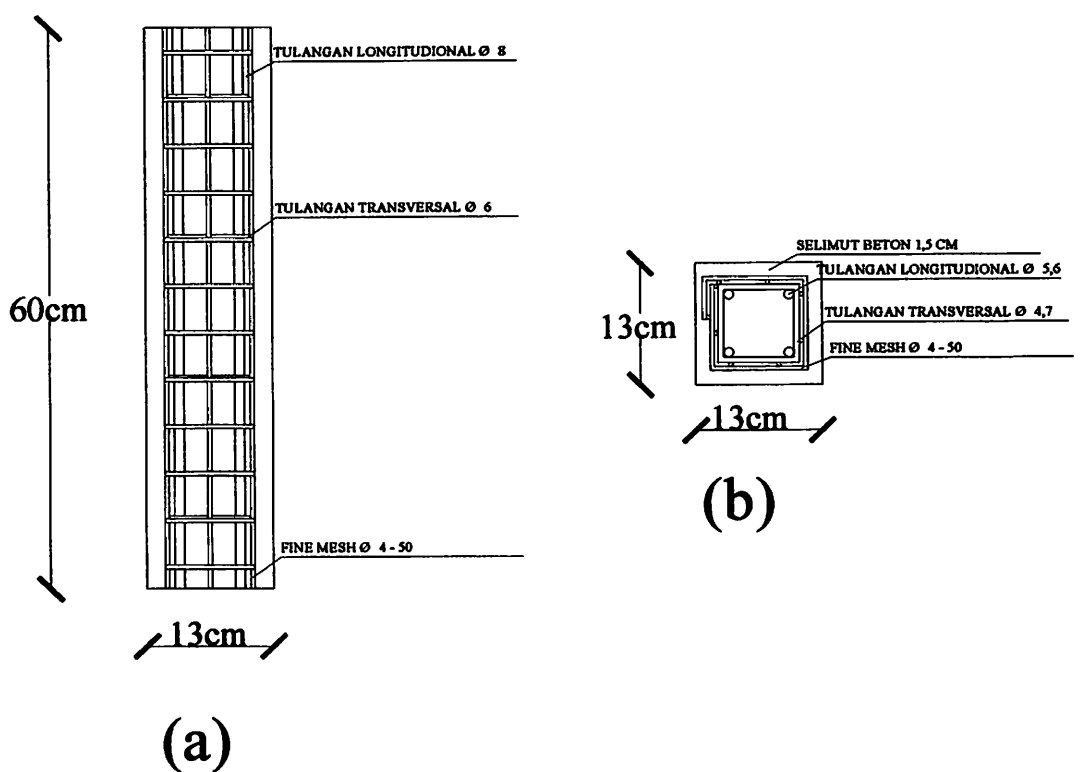
2.2.2. Pengekang Beton Dengan Fine Mesh

Pengekangan dengan *fine mesh* telah 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 2.3. Tekanan kekang nominal (f_l) dari tulangan pengekang sengkang persegi biasa dan *fine mesh* dapat dikerahkan terhadap inti beton bila tegangan kekang dapat dikembangkan penuh.



Gambar 2.3. Pengekangan kolom persegi 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 dipasang dengan cara melilitkan *fine mesh* pada tulangan konvensional yang sudah ada, seperti terlihat pada Gambar 2.4a dan 2.4b kolom persegi beton bertulang yang dililitkan *fine mesh*.



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

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 tumpuk (*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 Persegi.

Ketentuan Pasal 9.10.(5(1)) SNI 03-2847-2002, untuk semua tulangan non-prategang harus diikat dengan sengkang ikat lateral, paling sedikit ukuran \emptyset 10 untuk tulangan lebih kecil dari \emptyset 32. Luas total penampang *hoop* persegi panjang untuk pengekangan harus tidak boleh kurang dari nilai 2 Persamaan dibawah

$$A_{sh} = 0,3 \left(s \cdot h_c \times \frac{f_c'}{f_{yh}} \right) \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$A_{sh} = 0,09 \left(s \cdot h_c \times \frac{f_c'}{f_{yh}} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

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 :

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

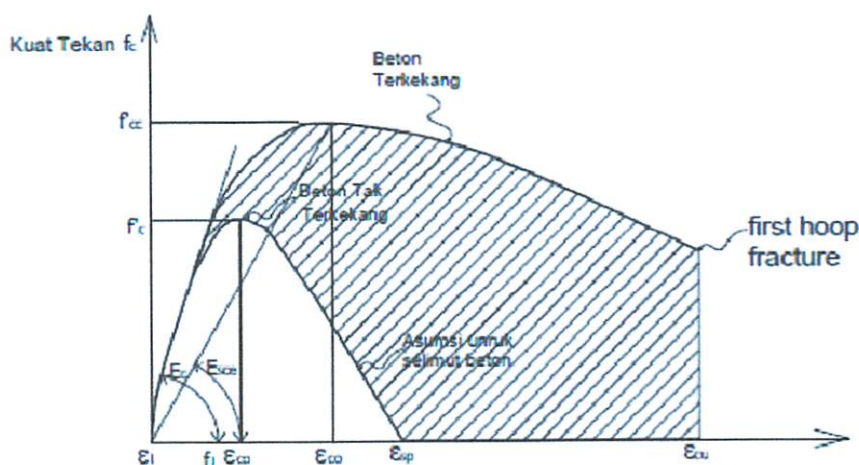
Kapasitas beban sentris maksimum pada kolom dapat diperoleh dengan menambahkan kontribusi beton, yaitu $(A_g - A_{st}) \cdot f'_c$ dan kontribusi baja, $A_{st} \cdot f_y$. yang digunakan dalam perhitungan disini adalah f'_c , dengan demikian kapasitas beban centris maks adalah P_o yang dapat dinyatakan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

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

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

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

$$f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times r}{r - 1 + x'} \dots\dots\dots (2.11)$$

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

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

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

Regangan tekan puncak beton terkekang

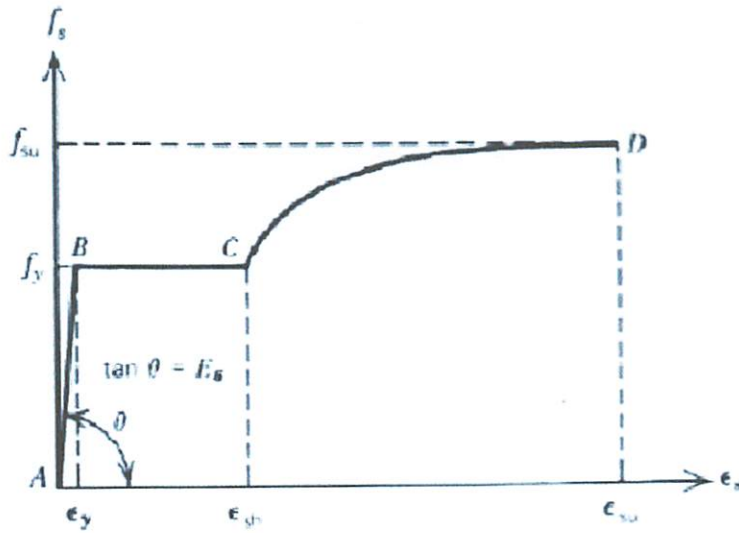
$$\epsilon'_{cc} = 0,002 [1 + 5(f'_{cc} / f'_c - 1)] \dots\dots\dots (2.15)$$

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 : $\epsilon_s \leq \epsilon_y$

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

Daerah BC : $\epsilon_y \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sh}$

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

Daerah CD : $\epsilon_{sh} \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{su}$

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

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

di mana :

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

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Studi Pustaka

Studi pustaka yang telah 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 specimen 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 kolom persegi ukuran 130 x 130 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 grid 50 x 50 mm.
- h. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai pada kolom beton terkekang *fine mesh* (RCFM) diperhitungkan berdasarkan *Ash* terpasang tulangan *sengkang* BJTP untuk kolom yang memikul beban gravitasi.
- i. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai pada kolom beton terkekang *fine mesh* (RCFM) diperhitungkan berdasarkan *Ash* terpasang tulangan *sengkang* BJTP untuk kolom yang memikul beban gempa kuat.
- j. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai untuk membungkus kolom beton terkekang *tulangan sengkang BJTP* yang memikul beban gravitasi diperhitungkan berdasarkan selisih antara *Ash* tulangan *sengkang* BJTP gempa kuat terhadap *Ash* terpasang tulangan *sengkang* BJTP yang memikul beban gravitasi .

3.4. Model Analisis

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

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

- f. Analisis data eksperimen hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom (RCFMS(B)).
- g. Pembuatan kurva hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom (RCFMS(A)).
- h. Pembuatan kurva hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom (RCFMS(B)).

3.5. Pengujian di Laboratorium

3.5.1. Spesifikasi Material

Tulangan longitudinal yang telah 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 telah 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)	
RCP	D = 130 X 130 mm			Sampel 1
RCL	D = 130 X 130 mm	Longitudinal Ø = 7,2mm dan		Sampel 2
RCS	D = 130 X 130 mm	Longitudinal Ø = 7,2mm dan Transversal Ø = 5,6mm Jarak s = 50 mm		Sampel 3
(RCFMS(A))	D = 130 X 130 mm	Longitudinal Ø = 5,6mm dan Transversal Ø = 4,7mm Jarak s = 200 mm	FM Ø 4 – 50 mm (dicor gabung)	Sampel 4
RCFM	D = 130 X 130 mm		FM Ø 4 – 50 mm	Sampel 5
(RCFMS(B))	D = 130 X 130 mm	Longitudinal Ø = 5,6mm dan Transversal Ø = 4,7mm Jarak s = 200 mm	FM Ø 4 – 50 mm (Selimut dikupas)	Sampel 6

Keterangan :

(RCFMS(A)) = *Rectangular Column Fine Mesh and Steel*

(RCFMS(B)) = *Rectangular Column Fine Mesh and Steel Cover*

RCP = *Rectangular Coloumn*

RCL = *Rectangular Column Longitudional*

RCS = Rectangular Column Spiral

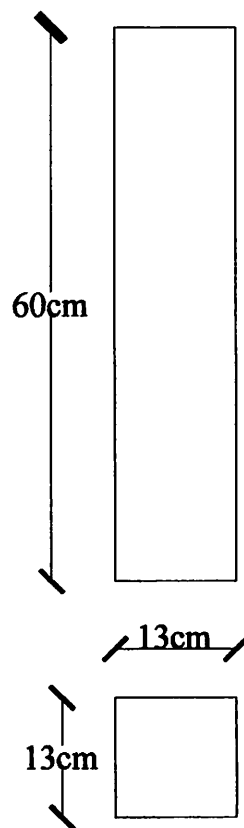
RCFM = Rectangular Coloumn Fine Mesh

D = Diameter kolom

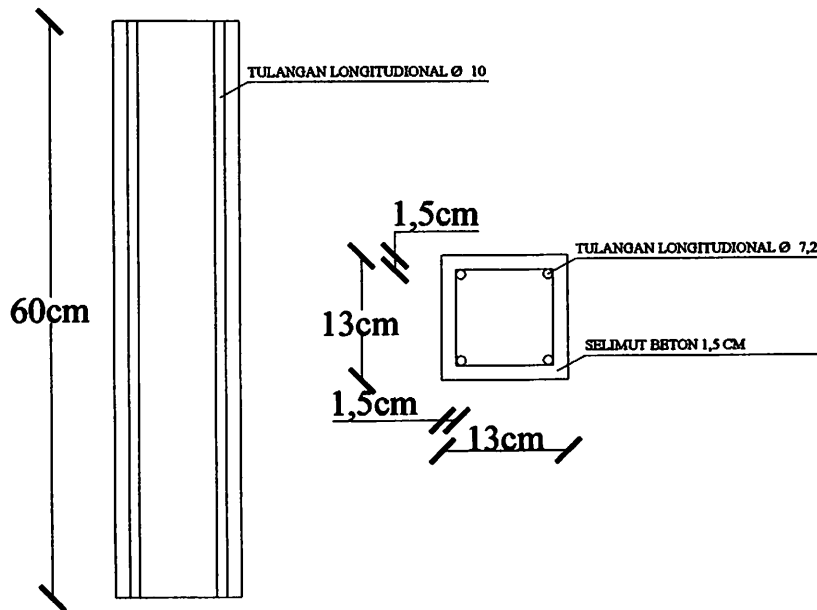
FM = Fine Mesh

s = Jarak Tulangan Spiral/Senggang BJTP

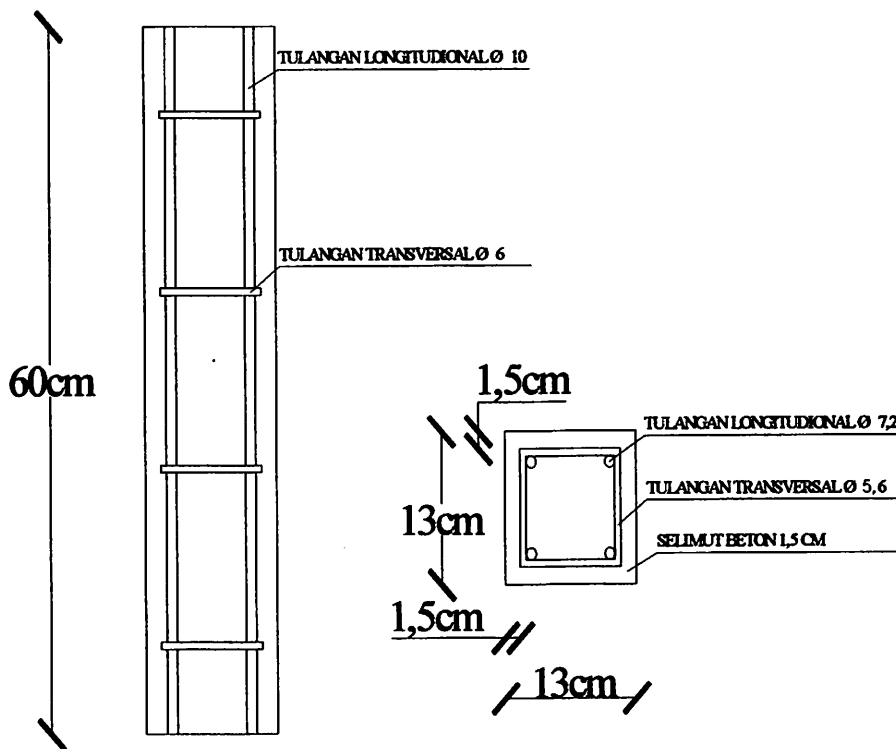
Model benda uji kolom persegi yang akan diteliti dapat dilihat dalam Gambar 3.1a, 3.1b, 3.1c, 3.1d, 3.1e, 3.1 f berikut ini :



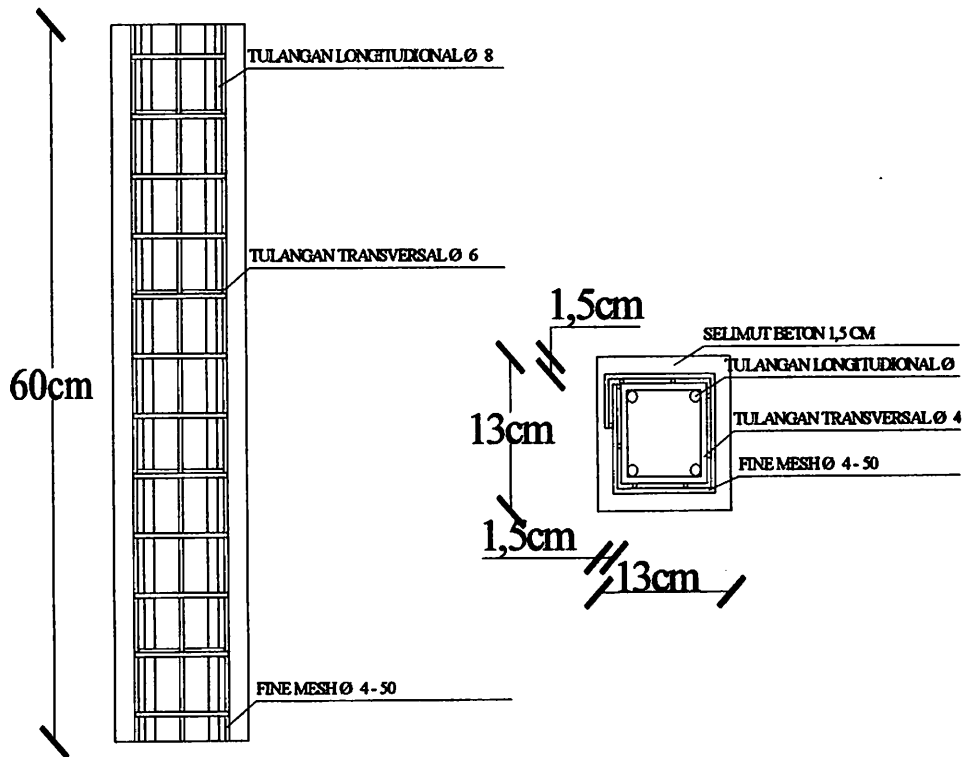
Gambar 3.1a : Benda uji kolom persegi tanpa tulangan (sample 1)



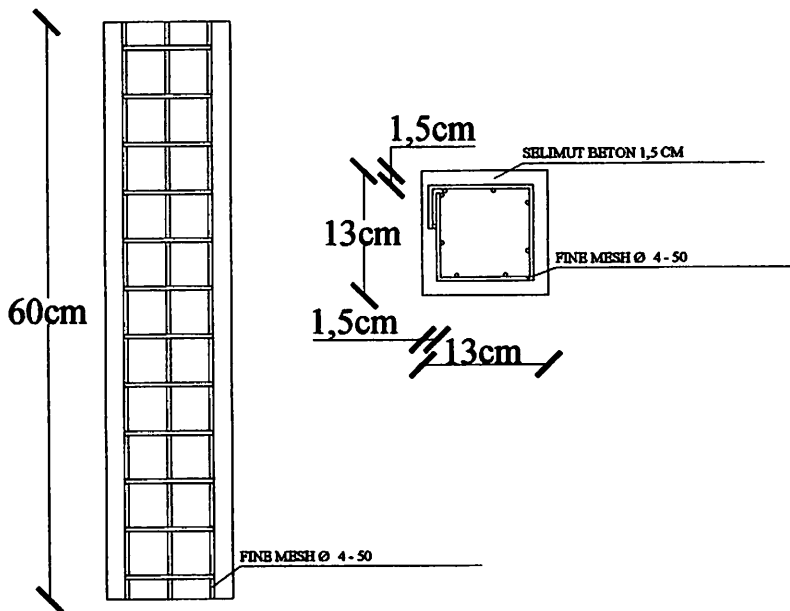
**Gambar 3.1b : Benda uji kolom
persegi terkekang tulangan
longitudional Ø 7,2 mm
(sample 2)**



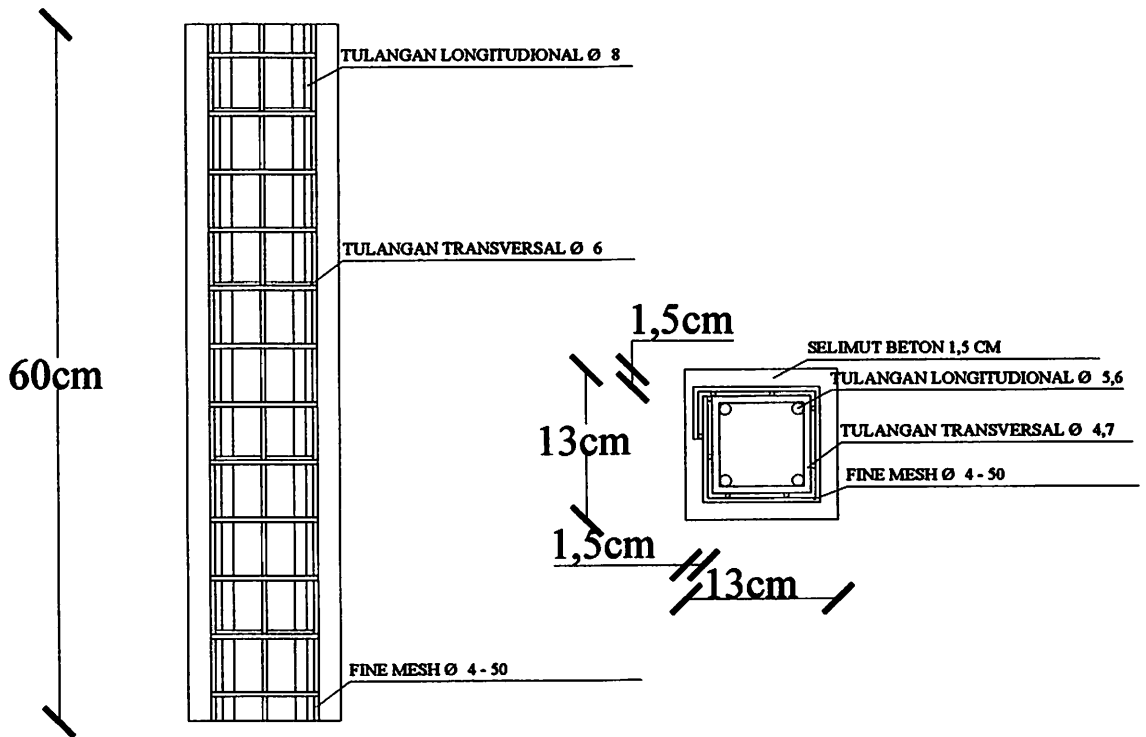
Gambar 3.1c : Benda uji kolom persegi terkekang tulangan longitudinal Ø 7,2 mm dan tulangan transversal Ø 6 mm (sample 3)



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



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

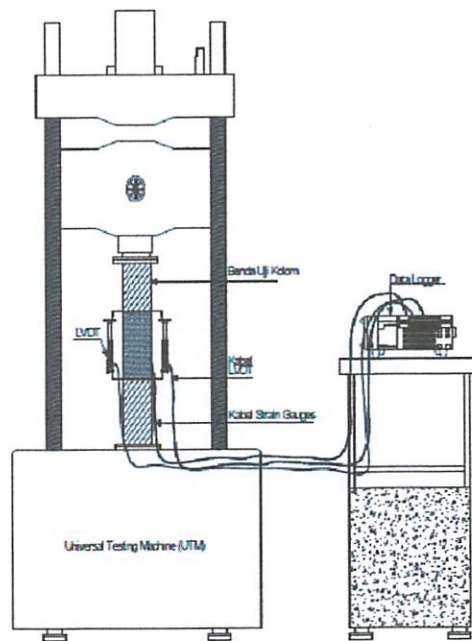


Gambar 3.1d : Benda uji kolom persegi terkekang tulangan longitudinal \varnothing 5,6 mm tulangan transversal \varnothing 4,7 mm dan fine mesh \varnothing 4 - 50 dicor gabung (sample 4)

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 $f'c = 20$ MPa.
5. Melakukan pekerjaan begisting kolom persegi 130 x 130 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.

3.6. Analisis Data

Dari kepustakaan yang ada, telah 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

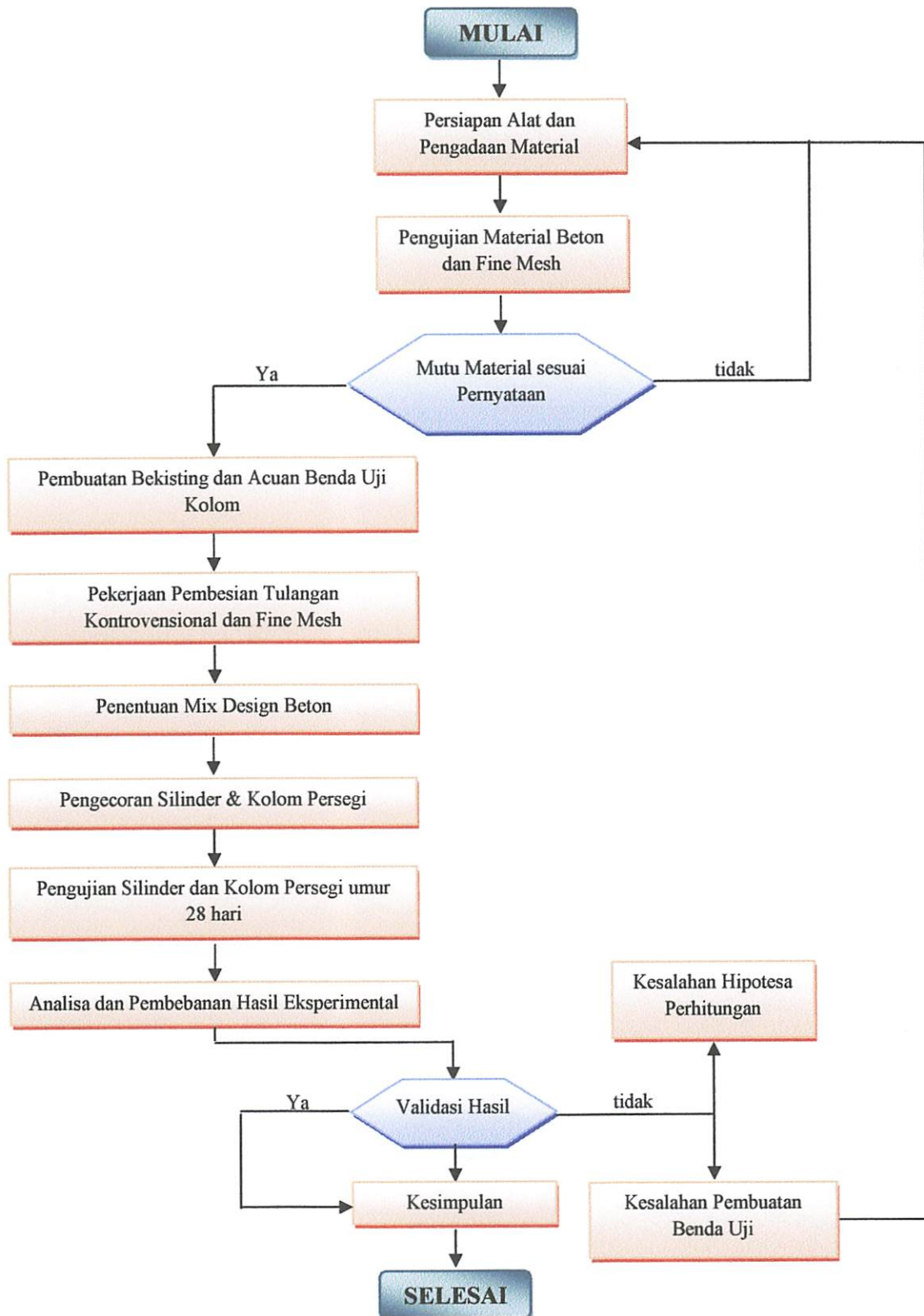
Pada tahap ini dilakukan pengolahan dan analisis data, berupa analisis terhadap data hasil eksperimen yang meliputi pengkajian terhadap peningkatan kuat tekan beton, regangan tekan beton pada saat tegangan maksimum (ϵ'_{cc}) dan regangan tekan beton ultimit (ϵ'_{cu}).

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 *sengkang* terhadap kurva hubungan tegangan-regangan hasil eksperimen.
3. Pengaruh rasio volumetrik, spasi, diameter, tulangan *sengkang* 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 *sengkang* terhadap regangan tekan ultimit (ϵ'_{cu}) penampang beton.
6. Pengaruh rasio volumetrik, spasi, diameter dan tulangan *sengkang* 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 *sengkang*.
10. Faktor penambahan kekuatan beton terkekang terhadap efektifitas tulangan *sengkang* yang dibungkus *fine mesh*.
11. Pengaruh efektifitas pengekangan *fine mesh* terhadap regangan pada tegangan respon puncak kolom.
12. Pengaruh efektifitas pengekangan tulangan *sengkang* terhadap regangan pada tegangan respon puncak kolom.
13. Pengaruh efektifitas pengekangan tulangan *sengkang* 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 *sengkang* terhadap rasio penambahan kekuatan kolom.
16. Pengaruh rasio volumetrik, kapasitas pengekangan dan spasi tulangan *sengkang* 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

Sudah dilakukan analisis terhadap dimensi penampang benda uji yang ditentukan berdasarkan kapasitas alat yang akan digunakan di laboratorium dengan rasio tulangan *Fine Mesh* dibuat ekivalen dengan rasio pengekangan konvensional. Analisis dimensi penampang benda uji dapat dilihat pada hal.31 sedangkan rasio *Fine Mesh* pada lampiran 2.1

Parameter-parameter benda uji kolom hasil analisis yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

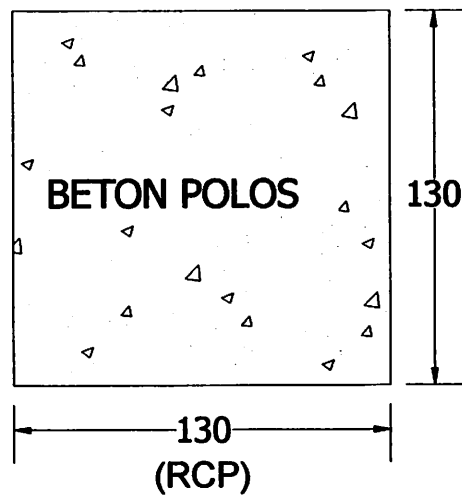
- a. Kolom pendek dengan penampang berbentuk persegi dengan dimensi penampang $b = 130 \text{ mm}$; $d = 130 \text{ mm}$; $L = 600 \text{ mm}$.
- b. Selimut beton kolom = 15 mm.
- c. Mutu beton normal $f'_c = 17,967 \text{ MPa}$
- d. Tegangan Leleh baja tulangan polos $f_y = 223,12 \text{ MPa}$
- e. Tegangan Leleh *Fine Mesh* $f_y = 470 \text{ MPa}$
- f. Baja tulangan polos $\emptyset (D_1) = 5,6 \text{ mm}$ dan $\emptyset = 7,2 \text{ mm}$
Baja tulangan polos $\emptyset (D_2) = 4,7 \text{ mm}$ dan $\emptyset = 5,6 \text{ mm}$
- g. Diameter *Fine Mesh* adalah $\emptyset = 4 \text{ mm}$ dengan ukuran grid 50 x 50 mm.
- h. Jumlah lapisan *Fine Mesh* yang dipakai sebanyak 2 (dua) lapis, untuk kolom tanpa pengekangan.

3.9.1 Preliminary Analysis

Setelah mempelajari hasil-hasil penelitian ini dipandang Rumus-Rumus dibawah relevan untuk dipakai sebagai hipotesa hubungan tegangan-regangan $f'_c, \epsilon_{cc}, \epsilon_{cu}$ beton yang dikekang dengan menggunakan *Fine Mesh*

a). Analisis Teoritis kolom Tanpa Pengekangan (RCP)

Perhitungan analisis kolom Tanpa Pengekangan menggunakan Rumus Hognestad



Gambar3.5 Penampang Kolom Tanpa Pengekangan (RCP)

$$f_c = 17,967 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c}$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{17,967} = 19922,124 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_o = \frac{2 \cdot f_c}{E_c}$$

$$\varepsilon_o = \frac{2 \times 17,967}{19922,124} = 0,0018037$$

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

$$f'_c = \frac{17,967}{\left[\left(\frac{2 \times 0,0018037}{0,0018037} \right) - \left(\frac{0,0018037}{0,0018037} \right)^2 \right]} = 17,967 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_{cu} = 0,0038$$

Beban maksimum kolom RCP adalah

$$P_{\max} = A_g \times f'_c$$

$$= 130 \times 130 \times 17,967 = 303642,3 \text{ N} = 30,3642 \text{ ton}$$

Tabel 3.2 Analisis Teoritis Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton TanpaPengekangan RCP.

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	0,0020	17,5406
13	0,0022	17,1142
14	0,0024	16,6878
15	0,0026	16,2613
16	0,0028	15,8349

17	0,0030	15,4085
18	0,0032	14,9821
19	0,0034	14,5557
20	0,0036	14,1293

keterangan.pengisian kolom pada Tabel 3.2

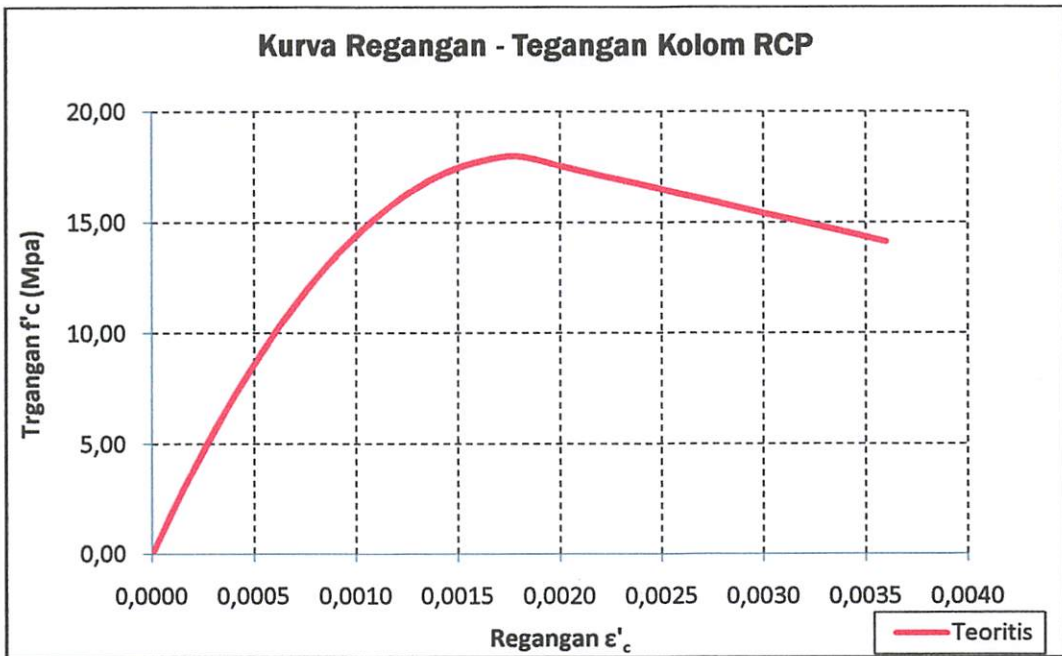
warna **biru** : kolom mengalami tegangan dan regangan puncak (f'_{cc}, ϵ_{cc})

warna **merah** : kolom mengalami regangan dan regangan ultimit (f_{cu}, ϵ_{cu})

Kolom 1 : Nomor

Kolom 2 : $\epsilon_o = \frac{2 \cdot f_c^n}{E_c}$

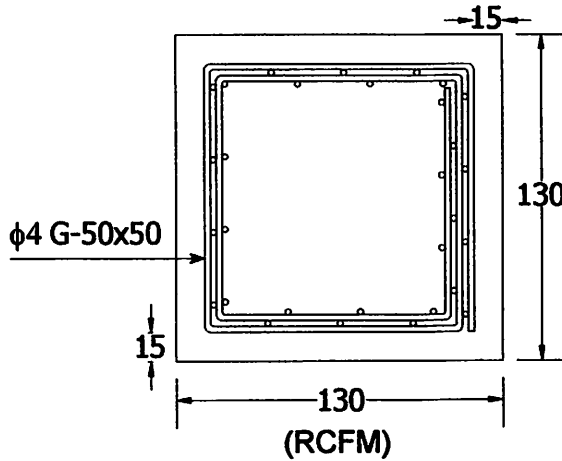
Kolom 3 : $f_c' = f_c^n \left[\left(\frac{2\epsilon_c}{\epsilon_o} \right) - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^2 \right]$



Gambar 3.6 Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom RCP

b). Analisis Teoritis Kolom Uji Terkekang *Fine Mesh*, kolom (RCFM)

Perhitungan analisis kolom dengan pengekangan *Fine Mesh* menggunakan Rumus Paulay dan Priestley



Gambar3.7 Penampang Kolom Dengan Pengekangan *Fine Mesh* (RCFM).

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

Diameter kolom terkekang adalah

$$h_c = 130 - 15 - 15 - 4 = 96 \text{ mm}$$

$$h_c = 130 - 15 - 15 = 100 \text{ mm}$$

Rasio tulangan *Fine Mesh*

$$\rho_{Ash} = \frac{A_s \times (4 \times h_c)}{(h_c)^2 \times s}$$

$$\rho_{As-y} = \frac{(5 \times 0,5) \times 12,57}{50 \times 96} = 0,00655$$

$$\rho_{As-y} = \frac{(4 \times 0,5) \times 12,57}{50 \times 100} = 0,00503$$

$$\rho_s = \frac{(\rho_{As-x} + \rho_{As-y})}{2}$$

$$\rho_s = \frac{(0,0065 + 0,00503)}{2} = 0,0058$$

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

$$K = 1 + 2,05 \times 0,0058 \times \left(\frac{498,69}{17,967} \right) = 1,3104$$

$$\begin{aligned} f'_{cc} &= K \times f'_c \\ &= 1,3104 \times 17,967 = 23,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \quad (2.15)$$

$$\varepsilon_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \times \left(\frac{23,544}{17,967} - 1 \right) \right] = 0,0051$$

$$\varepsilon_{cu} = 0,004 + 1,4 \times \rho_s \times f_{yh} \times \frac{\varepsilon_{sm}}{f'_c} \quad (2.16)$$

$$\varepsilon_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,005 \times 498,69 \times \frac{0,15}{23,8842} = 0,02826$$

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.14)$$

$$E_{sec} = \frac{23,54383}{0,005104} = 4612,88321$$

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

$$r = \frac{19922,12413}{19922,12413 - 4512,096} = 1,3013$$

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.12)$$

$$x = \frac{0,0051039}{0,0051039} = 1$$

$$f_c = \frac{f'_c \times r \times x}{r - 1 + x^r} \quad (2.11)$$

$$f_c = \frac{23,5438 \times 1,3013 \times 1}{1,3013 - 1 + 1^{1,3013}} = 23,5438 \text{ MPa}$$

Beban maksimum kolom *RCFM* adalah

$$P_{\max} = f'_{cc} (A_g - A_{sfrm}) + A_{sfrm} \cdot f_{yfrm}$$

$$A_g = b \times h \\ = 130 \times 130 = 16900 \text{ mm}^2$$

$$A_{sfrm} = 0,25 \pi D^2 n \\ = 0,25 \times \pi \times 4^2 \times 25 = 314,1593 \text{ mm}^2$$

$$P_{\max} = f'_{cc} (A_g - A_{sfrm}) + A_{sfrm} \cdot f_{yfrm}$$

$$P_{\max} = 24,5438 \times (16900 - 314,29) + 314,29 \times 470 \\ = 538205,52 \text{ N} = 53,8205519 \text{ ton}$$

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

$$\varepsilon_{ccj} = \frac{1,17 \times ((5 \times 23,5438) - (4 \times 23,5438))}{19922,1241} = 0,00138$$

$$E_{sccj} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{ccj}} \quad (2.14)$$

$$E_{sccj} = \frac{23,54383}{0,0014} = 17027,45652$$

$$r_j = \frac{E_c}{E_c - E_{sccj}}$$

$$r_j = \frac{19922,1}{19922,1 - 17027,456} = 6,8824$$

$$\rho_{cfp} = \frac{(4 \times 0,13)}{130} = 0,00400$$

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

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

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

Tabel 3.3 Analisis Teoritis Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton (*RCFM*).

No	ε'_{cc}	x	f'_{cc} (MPa)
1	2	3	4
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0001	0,1000	2,7546
3	0,0003	0,2000	5,5092
4	0,0004	0,3000	8,2635
5	0,0006	0,4000	11,0151
6	0,0007	0,5000	13,7533
7	0,0008	0,6000	16,4447
8	0,0010	0,7000	19,0049
9	0,0011	0,8000	21,2589

10	0,0012	0,9000	22,9059
11	0,0014	1,0000	23,5438
12	0,0023	1,6955	23,1907
13	0,0033	2,3911	22,8428
14	0,0043	3,0866	22,5002
15	0,0052	3,7822	22,1627
16	0,0062	4,4777	21,8302
17	0,0072	5,1733	21,5028
18	0,0081	5,8688	21,1802
19	0,0091	6,5644	20,8625
20	0,0100	7,2599	20,5496
21	0,0110	7,9555	20,2413

keterangan. pengisian kolom pada Tabel 3.3

warna **biru** : kolom mengalami tegangan dan regangan puncak (f'_{cc}, ϵ_{cc})

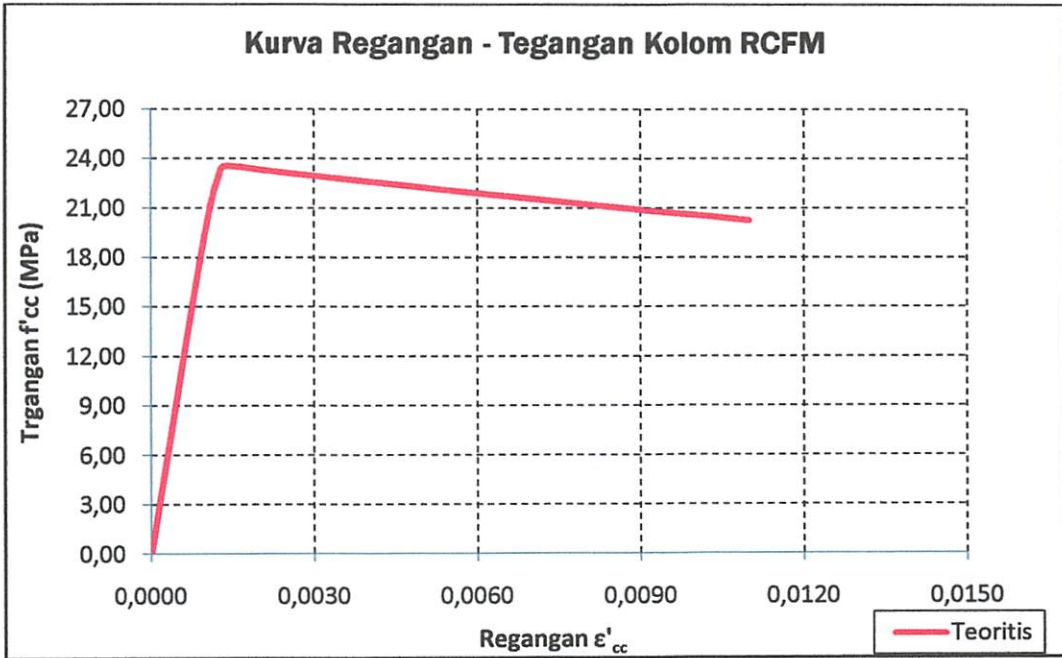
warna **merah** : kolom mengalami regangan dan regangan ultimit (f_{cu}, ϵ_{cu})

Kolom 1 : Nomor

$$\text{Kolom 2} : \epsilon_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f_c} - 1 \right) \right] \quad (2.15)$$

$$\text{Kolom 3} : x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \quad (2.12)$$

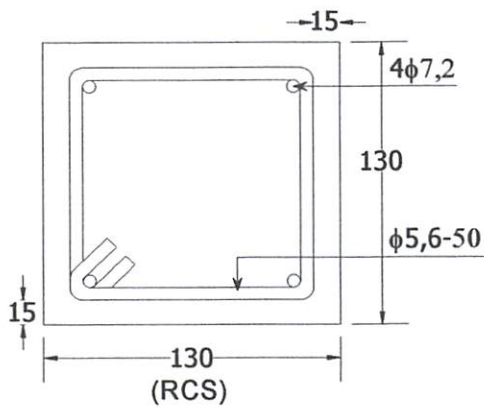
$$\text{Kolom 4} : f_c = \frac{f'c \times r \times x}{r - 1 + x^r} \quad (2.11)$$



Gambar 3.8 Kurva Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom RCFM

c). Analisis Teoritis Balok Uji konfaimen konvensional kolom (RCS)

Penentuan kurva tegangan-regangan kolom dengan pengekan konvensional menggunakan Rumus Paulay dan Priestley. Kapasitas penampang kolom terkekang tanpa *fine mesh* (RCS) Berdasarkan SNI 2847-03-2002 Pasal 23.4.(4(1)) menggunakan $\text{Ø}8-50$



Gambar3.9 Penampang Kolom Dengan Pengekangan Sengkan Konvensional (RCS).

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_1^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 7,2^2 \\
 &= 40,731 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Diameter kolom terkekang adalah

$$h_c = 130 - 15 - 15 = 100 \text{ mm}$$

$$h_c = 130 - 15 - 15 = 100 \text{ mm}$$

Rasio tulangan konfaimen Ash

$$\rho_{Ash} = \frac{A_s \times (4 \times h_c)}{(h_c)^2 \times s}$$

$$\rho_{As-x} = \frac{(4 \times 0,5) \times 40,73 \times 100}{50 \times 100^2} = 0,01629$$

$$\rho_{As-y} = \frac{(4 \times 0,5) \times 40,73 \times 100}{50 \times 100^2} = 0,01629$$

$$\rho_s = \frac{(\rho_{As-x} + \rho_{As-y})}{2}$$

$$\rho_s = \frac{(0,01629 + 0,01629)}{2} = 0,01629$$

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

$$K = 1 + 2,05 \times 0,01629 \times \left(\frac{223,12}{17,97} \right) = 1,4148$$

$$\begin{aligned}
 f'_{cc} &= K \times f'_c \\
 &= 1,4148 \times 17,967 = 25,419 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \quad (2.15)$$

$$\varepsilon_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \times \left(\frac{25,419}{17,967} - 1 \right) \right] = 0,0061$$

$$\varepsilon_{cu} = 0,004 + 1,4 \times \rho_s \times f_{yh} \times \frac{\varepsilon_{sm}}{f'_c} \quad (2.16)$$

$$\varepsilon_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,0163 \times 223,12 \times \frac{0,15}{25,419} = 0,034$$

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.14)$$

$$E_{sec} = \frac{25,4192}{0,00615} = 4134,748$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad (2.13)$$

$$r = \frac{1992,1241}{1992,1241 - 4134,7} = 1,2619$$

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.12)$$

$$x = \frac{0,0061}{0,0061} = 1$$

$$f_c = \frac{f'_c \times r \times x}{r - 1 + x^r} \quad (2.11)$$

$$f_c = \frac{25,419 \times 1,2619 \times 1}{1,2619 - 1 + 1^{1,2619}} = 25,419 \text{ MPa}$$

Beban maksimum kolom RCS adalah

$$P_{\max} = f'_c (A_g - A_{st.log}) + A_{st.log} \cdot f_y$$

$$A_g = b \times h$$

$$= 130 \times 130 = 16900 \text{ mm}^2$$

$$A_{stfm} = 0,25 \pi D^2 n$$

$$= 0,25 \times \pi \times 7,2^2 \times 4 = 162,93 \text{ mm}^2$$

$$P_{\max} = 32,82 \times (16900 - 162,93) + 162,93 \times 223,12$$

$$= 461794,30 \text{ N} = 46,179430 \text{ ton}$$

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

$$\varepsilon_{ccj} = \frac{1,17 \times ((5 \times 25,4192) - (4 \times 25,4192))}{19922,1241} = 0,00149$$

$$E_{sccj} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{ccj}} \tag{2.14}$$

$$E_{sccj} = \frac{32,82}{0,00149} = 17027,456$$

$$\gamma_j = \frac{E_c}{E_c - E_{sccj}}$$

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

$$\rho_{crfp} = \frac{(4 \times 0,13)}{130} = 0,00400$$

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

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

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

Tabel 3.4 Analysis Teoritis Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton RCS.

No	ε'_{cc}	x	f'cc(MPa)
1	2	3	4
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0001	0,1000	2,9740
3	0,0003	0,2000	5,9481
4	0,0004	0,3000	8,9217
5	0,0006	0,4000	11,8925
6	0,0007	0,5000	14,8488
7	0,0009	0,6000	17,7545
8	0,0010	0,7000	20,5187
9	0,0012	0,8000	22,9523
10	0,0013	0,9000	24,7304
11	0,0015	1,0000	25,4192
12	0,0024	1,6369	25,0379
13	0,0034	2,2737	24,6623
14	0,0043	2,9106	24,2924
15	0,0053	3,5474	23,9280
16	0,0062	4,1843	23,5691
17	0,0072	4,8211	23,2155
18	0,0081	5,4580	22,8673
19	0,0091	6,0948	22,5243
20	0,0100	6,7317	22,1864
21	0,0110	7,3685	21,8536

keterangan.pengisian kolom pada.Tabel 3.4

warna **hijau** : kolom pertama kali spalling

warna **biru** : kolom mengalami tegangan dan regangan puncak ($f'_{cc}, \varepsilon_{cc}$)

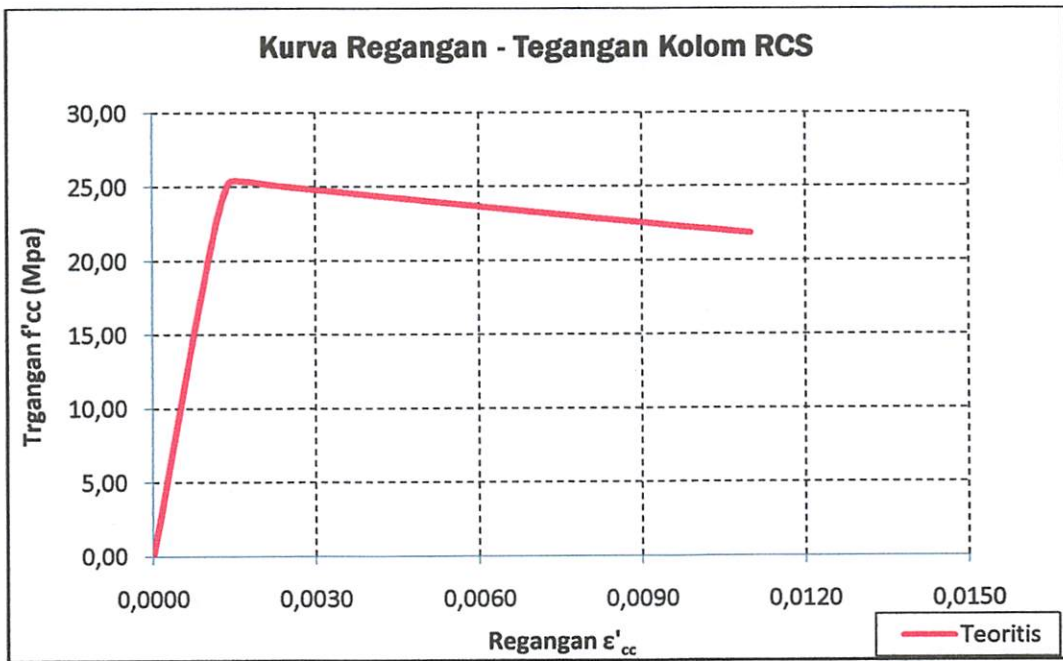
warna **merah** : kolom mengalami regangan dan regangan ultimit (f_{cu}, ε_{cu})

Kolom 1 : Nomor

Kolom 2 : $\varepsilon_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right]$

Kolom 3 : $x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}}$

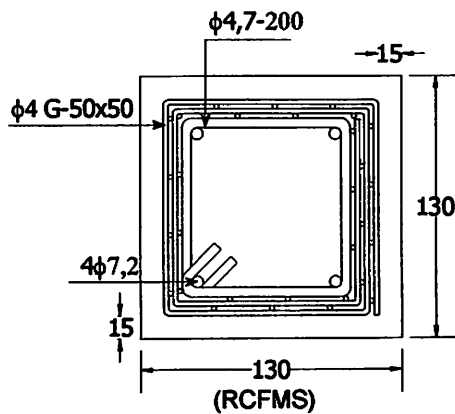
Kolom 4 : $f_c = \frac{f'_c \times r \times x}{r - 1 + x^r}$



Gambar 3.10 Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom RCS

d). Analisis Teoritis kolom Uji terkekang *Fine Mesh* dan konfaimen konvensional kolom (*RCFMS(A)*).

Perhitungan analisis kolom dengan pengekekangan *Fine Mesh* dan sengkang konvensional menggunakan Rumus Paulay dan Priestley



Gambar3.11 Penampang Kolom Dengan Pengekangan Sengkang Konvensional (RCFMS(A))

Jumlah rasio tulangan Transversal ρ_s kolom (RCFMS(A)) adalah gabungan dari Rasio *Fine Mesh* dan sengkang konvensional

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_2^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 5,6^2 \\
 &= 24,640 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Diameter kolom terkekang adalah

$$h_{cfm} = 130 - 15 - 15 = 100 \text{ mm}$$

$$h_{ch} = 130 - 15 - 15 - 4 = 96 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_s &= \frac{\left[(4 \times 0,5) \times A_{sfm} \times h_{cfm} \times \frac{h_{ch}}{s_{fm}} \right]}{s \times h_{ch}^2} + \frac{\left[(4 \times 0,5) \times A_{sh} \times h_{ch} \right]}{s \times h_{ch}^2} \\
 \rho_s &= \frac{\left[(4 \times 0,5) \times 12,57 \times 100 \times \frac{96}{50} \right]}{50 \times 96^2} + \frac{\left[(4 \times 0,5) \times 24,640 \times 96 \right]}{200 \times 96^2}
 \end{aligned}$$

$$= 0,013043$$

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

$$K = 1 + 2,05 \times 0,013043 \times \left(\frac{223,12}{17,967} \right) = 1,332$$

$$\begin{aligned} f'_{cc} &= K \times f'_c \\ &= 1,332 \times 17,967 = 23,93 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \quad (2.15)$$

$$\varepsilon_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \times \left(\frac{23,93}{17,967} - 1 \right) \right] = 0,0053$$

$$\varepsilon_{cu} = 0,004 + 1,4 \times \rho_s \times f_{yh} \times \frac{\varepsilon_{sm}}{f'_{cc}} \quad (2.16)$$

$$\varepsilon_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,013043 \times 223,12 \times \frac{0,15}{23,93} = 0,0295$$

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.14)$$

$$E_{sec} = \frac{23,93}{0,0053} = 4498,3048$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad (2.13)$$

$$r = \frac{19922,1241}{19922,141 - 4498,3048} = 1,29165$$

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.12)$$

$$x = \frac{0,0053}{0,0053} = 1$$

$$f_c = \frac{f'_c \times r \times x}{r - 1 + x^r} \quad (2.11)$$

$$f_c = \frac{23,93 \times 1,29165 \times 1}{1,29165 - 1 + 1^{1,29165}} = 23,93 \text{ MPa}$$

Beban maksimum kolom RCFMS adalah :

$$P_{\max} = f'_c (A_g - A_{st, \log}) + (A_{st, \log} \cdot f_y)$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 130 \times 130 = 16900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= 0,25 \times \pi (D_2)^2 \times n \\ &= 0,25 \times \pi \times 5,6^2 \times 4 = 98,56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 23,93 \times (16900 - 98,56) + (98,56 \times 223,12) \\ &= 424095,38 \text{ N} = 42,409538 \text{ ton} \end{aligned}$$

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

$$\varepsilon_{ccj} = \frac{1,17 \times ((5 \times 23,93) - (4 \times 23,93))}{19922,1241} = 0,0014$$

$$E_{sccj} = \frac{f'_c}{\varepsilon_{ccj}}$$

$$E_{sccj} = \frac{23,93}{0,0014} = 17027,45652$$

$$r_j = \frac{Ec}{Ec - E_{scfj}}$$

$$r_j = \frac{19922,1241}{19222,1241 - 17027,4562} = 6,8827$$

$$\rho_{crfp} = \frac{(4 \times 0,13)}{130} = 0,00400$$

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

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

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

Tabel 3.5 Analisis Teoritis Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton *RCFMS*.

No	ε'_{cc}	x	f'cc (MPa)
1	2	3	4
1	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0001	0.1000	2.8001
3	0.0003	0.2000	5.6002
4	0.0004	0.3000	8.4000
5	0.0006	0.4000	11.1971
6	0.0007	0.5000	13.9805
7	0.0008	0.6000	16.7163
8	0.0010	0.7000	19.3189
9	0.0011	0.8000	21.6101
10	0.0013	0.9000	23.2843
11	0.0014	1.0000	23.9328
12	0.0024	1.6826	23.5738
13	0.0033	2.3652	23.2202
14	0.0043	3.0479	22.8719
15	0.0052	3.7305	22.5288
16	0.0062	4.4131	22.1908
17	0.0072	5.0957	21.8580
18	0.0081	5.7783	21.5301
19	0.0091	6.4609	21.2072
20	0.0100	7.1436	20.8891
21	0.0110	7.8262	20.5757

keterangan.pengisian kolom pada Tabel 3.5

warna **hijau** : kolom pertama kali spalling

warna **biru** : kolom mengalami tegangan dan regangan puncak (f'_{cc}, ϵ_{cc})

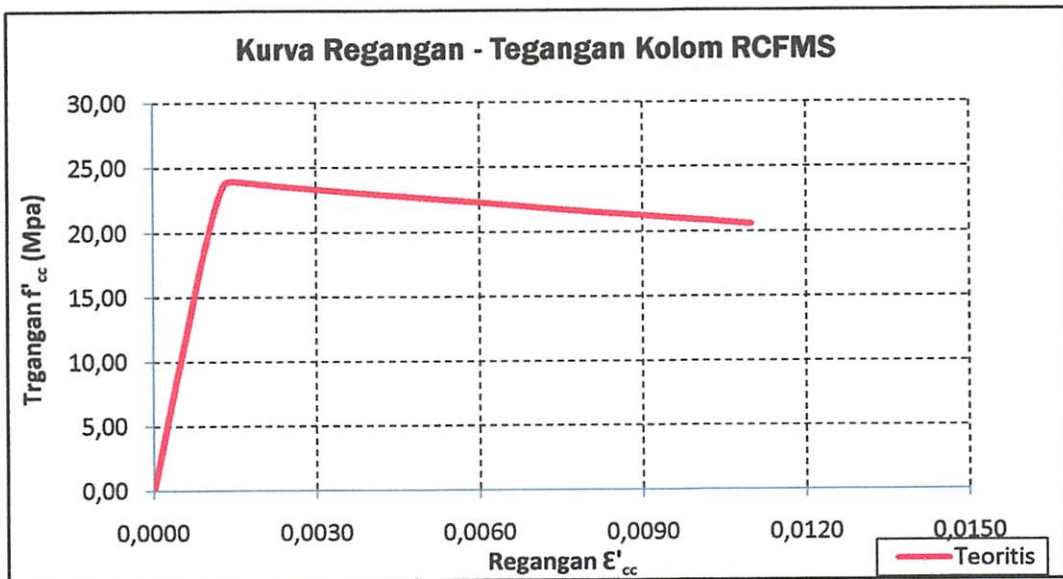
warna **merah** : kolom mengalami regangan dan regangan ultimit (f_{cu}, ϵ_{cu})

Kolom 1 : Nomor

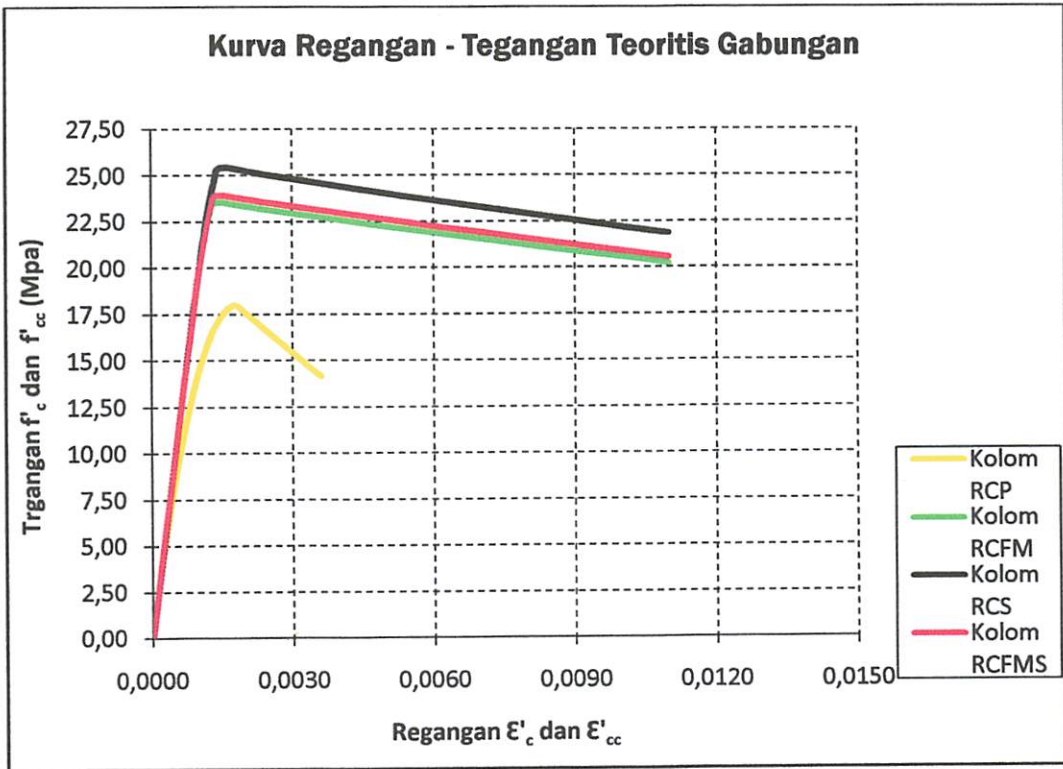
Kolom 2 : $\epsilon_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right]$

Kolom 3 : $x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}}$

Kolom 4 : $f_c = \frac{f'_c \times r \times x}{r - 1 + x^r}$



Gambar 3.12. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom RCFMS



Gambar 3.13 Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Beton Gabungan

Tabel 4.6 Perhitungan Analysis $f'_c, f'_{cc}, \epsilon_{cc}, \epsilon_{cu}$

Code Kolom	ρ_s	f'_c (MPa)	f'_{cc} (MPa)	ϵ'_{cc}	ϵ_{cu}	P_{max}
RCP	0	17.97	-	0.001804	0.00380	30.36
RCS	0.0163	-	25.419	0.006148	0.034032	46.18
RCFM	0.0058	-	23.544	0.005104	0.028265	53.82
RCFMS	0.013	-	23.933	0.00532	0.029535	42.41

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Laboratorium.

4.1.1. Perencanaan Mix Desain Beton

Perencanaan Mix Desain menggunakan beton readymix Kartika Beton, mutu beton yang direncanakan adalah $f'_c = 20 \text{ MPa}$. *(Tetapi menggunakan $f'_c = 17,967 \text{ MPa}$)*

4.1.2. Pengujian Kuat Tekan Beton Selinder

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 dan L1.2.

4.1.3. Pegujian Kuat Tarik Baja Tulangan.

Mutu baja tulangan polos direncanakan menggunakan $f_y = 240 \text{ MPa}$ untuk tulangan memanjang dan sengkang konvensional, dari hasil pengujian tulangan polos diameter 4,7 mm untuk tulangan sengkang konvensional menunjukkan tegangan leleh rata-rata sebesar $f_y = 223,12 \text{ Mpa}$ untuk tulangan dengan diameter 7,2 mm, dan untuk tulangan dengan diameter 5,6 mm didapat tegangan leleh rata-rata sebesar $f_y = 346,005 \text{ MPa}$

Hasil pengujian baja tulangan ternyata sesuai dengan rencana awal hasil pemgujian kuat tarik tulangan baja tersaji pada lampiran L2.1.

4.1.4. Pengujian Kuat Tarik *Fine Mesh*

Hasil pengujian kuat tarik *Fine Mesh* dengan diameter 4 mm dan jarak grid 50x50 mm adalah $f_y = 470 \text{ Mpa}$ nilai ini lebih besar dari asumsi awal pada saat perencanaan jumlah layaer dari *Fine Mesh*, hasil pengujian tarik pada *Fine Mesh* dapat dilihat pada lampiran L2.3.

4.2. Perhitungan Analysis

Perhitungan analysis awal adalah untuk merencanakan benda uji kolom secara detail sesuai dengan asumsi yang ideal serta prediksi terhadap hasil yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan di laboratorium. Perhitungan analysis yang sebenarnya akan menggunakan data dari hasil pengujian di laboratorium. Hasil perhitungan analysis pada masing-masing kolom seperti pada plimery analisis di bab 3 hal.35-56

4.2.1. Perencanaan Tulangan Kolom Tanpa *Fine Mesh*

Perencanaan tulangan longitudinal kolom sesuai SNI 03-2847-2002 dengan S-2002 untuk daerah dengan Gempa kuat menggunakan Pasal 23.4.3 dimana ρ_g tidak boleh kurang dari 1% dan tidak boleh lebih dari 6% dari luas penampang bruto A_g , sedangkan untuk daerah Gempa moderat dan rendah menggunakan Pasal 12.9.1, dimana luas tulangan longitudinal kolom tidak boleh kurang dari 1% dan tidak boleh lebih dari 8% dari luas penampang bruto A_g untuk menjaga deformasi yang tergantung pada waktu momen leleh lebih besar dari momen retak, dan batas maksimum untuk menjaga kongesti pada tulangan, dan untuk tulangan transversal menggunakan Pasal 23.4.4.1 untuk Gempa kuat, dan Pasal 9.10.5 untuk Gempa rendah, maka ditentukan tulangan longitudinal kolom sebesar 1,2% dari luas penampang bruto didapat $A_s = 162,9 \text{ mm}^2$ dipakai 4 $\phi 10$, $A_s = 195,48 \text{ mm}^2$ hasil analysis penampang kolom dapat dilihat pada Tabel.4.1

Tabel 4.1 Perhitungan Luas Tulangan Longitudinal dan Pengekangan Kolom.

No	Kode Kolom	Ag (mm) ²	A.Tot (mm) ²	ρ %	fc' (MPa)	fy (MPa)	FM (Lyr)	f _{cr} (MPa)	A _s FM	A _{sh} (mm ²)	ρ _s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	RCP	16900	-	-	17,967	-	0	-	-	-	0
3	RCS	16900	17022,193	1,2	17,967	356,192	0	-	-	162,9	0.0163
4	RCFM	16900	16912,571	-	17,967	-	2	498,68	12,57	-	0.0058
5	RCFMS(A) dan RCFMS(A)	16900	17022,193	1,2	17,967	342,98	2	498,68	12,57	98,56	0.013

Keterangan Tabel 4.2;

- 1) nomor kolom
- 2) kode kolom
- 3) luas penampang kolom
- 4) luas penampang total (A_{tot})

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$A_{tot.} = (A_g - A_{s,tot}) + (n \times A_{s,tot})$$

- 5) rasio tulangan longitudinal kolom
- 6) kuat tekan beton
- 7) tegangan leleh baja
- 8) jumlah layer *fine mesh*
- 9) tegangan leleh *fine mesh*
- 10) luas tulangan *fine mesh* terpakai
- 11) luas tulangan A_{sh} terpakai
- 12) rasio tulangan ρ_s

4.2.2. Perencanaan Jumlah Layer Fine Mesh

Perencanaan jumlah layer *Fene Mesh* ditentukan ekivalen dengan luas tulang transversal berdasarkan SNI Pasal 23.4.4.1 untuk A_{sh} dan untuk jarak sengkang s

digunakan Pasal 23.4.4.2, hasil perhitungan jumlah layer *Fine Mesh* didapat 2 lapis *Fine Mesh* dengan jarak grid 50x50 mm untuk Gempa kuat, hasil perhitungan jumlah layer *Fine Mesh* dapat dilihat pada lampiran L2.1

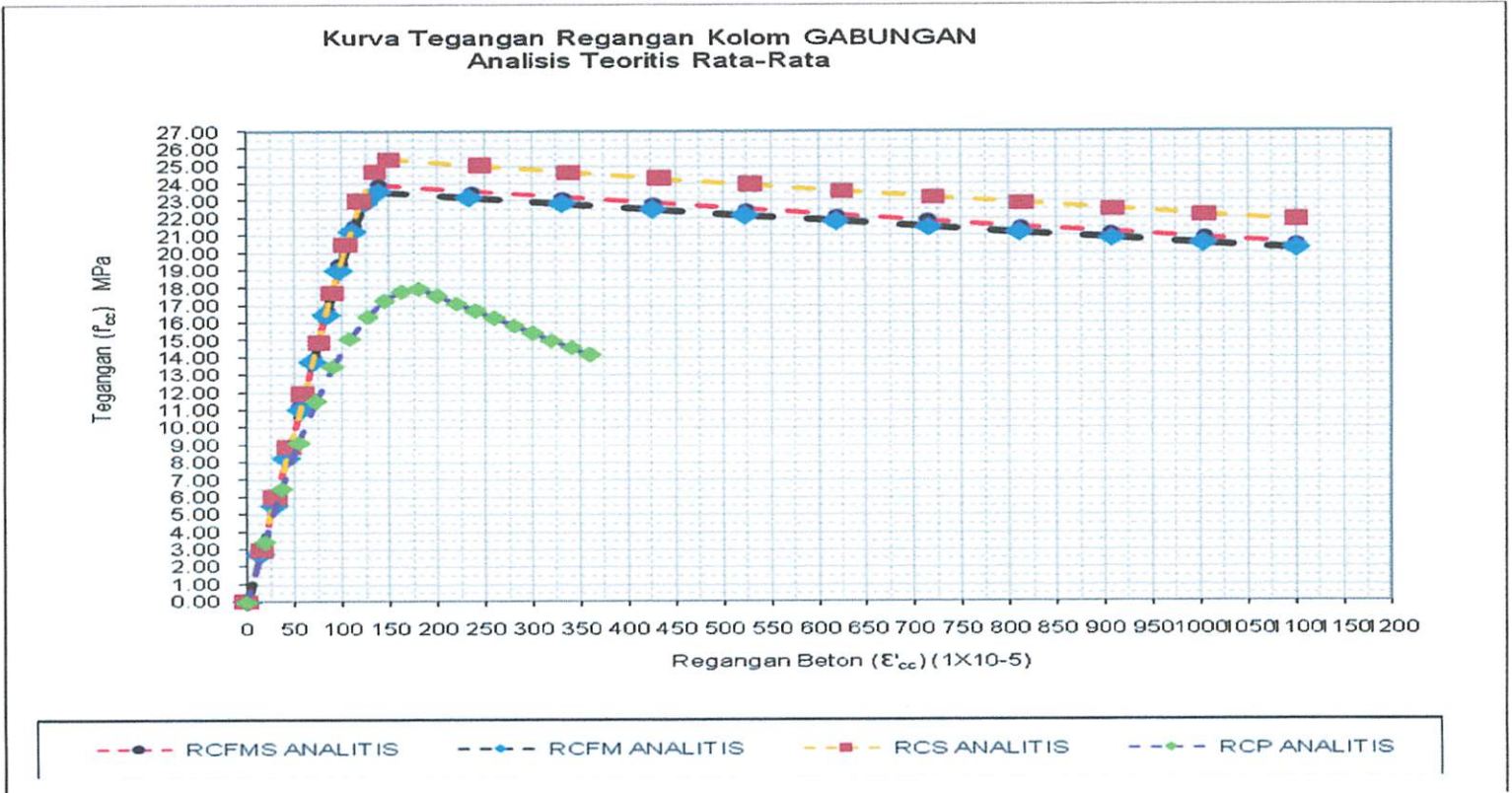
4.2.3. Hasil Kurva Tegangan-Regangan Teoritis Kolom Terkekang Konvensional dan *Fine Mesh* Berdasarkan Rumus Pauley dan Priestley

Perhitungan analisis tegangan-regangan kolom beton terkekang untuk setiap benda uji kolom berpengekangan konvensional maupun *Fine Mesh* dari Rumus Pauley dan Priestley didapat pada Table 4.2 dan kurva pada Gambar 4.1, terlihat bahwa kolom dengan pengekangan konvensional yang ditambah *Fine Mesh* memiliki daktalitas yang hampir sama dengan kolom yang hanya berpengekangan konvensional, batasan penggambaran kurva tegangan-regangan berdasarkan pada nilai regangan ultimit.

Tabel 4.2 Perhitungan teoritis f_{cc} , ϵ'_{cc} dan ϵ_{cu}

Code Kolom	ρ_s	f'_{cc} (MPa)	ϵ'_{cc}	ϵ_{cu}	P max
RCP	0	17.97	0.001804	0.00380	30.36
RCS	0.0163	25.419	0.006148	0.034032	46.18
RCFM	0.0058	23.544	0.005104	0.028265	53.82
RCFMS (A) dan RCFMS(B)	0.013	23.933	0.00532	0.029535	42.41

4.3. Hasil Pengujian Kolom Terkekang Konvensional dan Fine Mesh



Gambar 4.1 Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton Teoritis Pada Masing-Masing Kolom

Hasil pengamatan eksperimental berupa displacemen pada beton Δ_c , beban (P) dan regangan (ϵ) pada tulangan, secara umum dari pegujian kolom beton bertulang mutu normal yang terkekang konvensional (RCS) dan yang terkekang konvensional dan *Fine Mesh* (RCFMS(A)) dan (RCFMS(B)) mirip dengan yang di prediksi awal dimana kedua kolom menunjukkan peningkatan.

Daktalitas kekuatan yang hampir sama dan ini sama juga terjadi pada kolom yang dikekang dengan *Fine Mesh* (RCFM) maupun kolom polos (RCP) tanpa pengeangan seperti pada Gambar di Lampiran L4.4 sampai L4.8

4.3.1. Mekanisme Keruntuhan Benda Uji

1). Mekanisme Keruntuhan Benda Uji Beton Tidak Terkekang

Pengamatan pada benda uji kolom dilakukan selama pengujian pengembangan lateral beton terjadi pada setiap pertambahan beban, retak awal pada benda uji kolom tidak terkekang seperti RCP_1 dan RCP_2, pada benda uji RCP_1 terjadi kenaikan kekuatan yang tidak sesuai dengan rencana dikarenakan pada saat pengecoran terjadi pemekaran pada bekisting sehingga terjadi penambahan volume pada beton, sedangkan pada kolom RCP_2 beban yang diterima sesuai dengan yang direncanakan, pada kolom RCP_2 retak awal terjadi pada beban $P = 10$ ton dan regangan $\epsilon_c = 0,0005$, kemudian retak bertambah sampai beban maksimum $P_{max} = 28,3$ ton dengan regangan $\epsilon_c=0,00231$, retak awal merambat searah vertikal kolom dari bagian ujung ke bagian tengah pada daerah pengujian ini dipengaruhi oleh poison ratio beton, segera setelah beban puncak terlampaui terjadi penurunan kekuatan secara drastis yang menyebabkan benda uji runtuh mendadak sampai $P = 17$ ton , $\epsilon_u = 0,00369$ (**Data pengujian hasil eksperimental ada di lampiran L4.5 A Dan L.4.5 B**).



Gambar 4.2 Spalling Pada Kolom (*RCP*) saat $P = 28,5$ ton dan $\varepsilon'_c = 0,00231$

2). Mekanisme Keruntuhan Benda Uji Beton Terkekang

Pengamatan pada daerah tes dilakuakn selama pengujian, pengembangan lateral beton terjadi pada setiap pertambahan beban,

Benda uji kolom (*RCS*), untuk *RCS_1* terjadi spalling pada bagian yang tidak terkekang (selimut beton), pada beban $P = 15$ ton dengan $f'_c = 8,87574$ MPa, $\varepsilon_c = 0,00105$, core beton mulaih pecah, dan pada beban $P_{max} = 37$ ton $f'_c = 21,89$ MPa, dan regangan $\varepsilon_c = 0,00238$, seiring dengan mulai hilangnya convaiment beban P mulai turun dengan cepat samapai $P = 25$ ton, $\varepsilon_{cu} = 0,00973$ (tulangan transversal mulai leleh) sedangkan pada kolom *RCS_2* pengujian hanya bisa dilakukan sampai pada beban $P = 36,5$ ton (**Data pengujian hasil eksperimental ada di lampiran L4.6 A Dan L.4.6 B**). Mekanisme retak benda uji kolom dapat dilihat pada Gambar 4.3

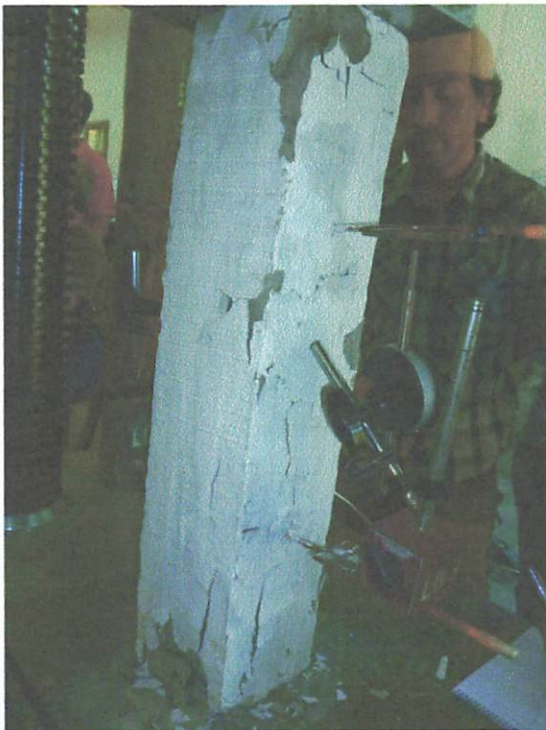


Gambar 4.3 Spalling Pada Kolom RCS_2 $P = 36,5$ ton dan $\epsilon'_{cu} = 0,00221$

Benda uji kolom (*RCFM*), untuk *RCFM_1* terjadi spalling pada bagian yang tidak terkekang (selimut beton), pada beban $P = 13$ ton, $f'_c = 7,69231$ MPa, $\epsilon_c = 0,00127$, kemudian core beton mulaih pecah dan pada beban $P_{max} = 35$ ton, $f'_c = 20,71006$, $\epsilon_c = 0,00248$ seiring dengan mulai hilangnya confaiment (tulangan *Fine Mesh* mulai leleh) dan beban P mulai turun dengan cepat samapai $P = 25$ ton $f'_c = 14,79290$ MPa, $\epsilon_{cu} = 0,00105$ sedangkan pada kolom *RCFM_2* terjadi spalling pada bagian yang tidak terkekang (selimut beton), pada beban $P = 14$ ton $\epsilon_c = 0,00142$ kemudian core beton pecah dan pada beban $P_{max} = 33,3$ ton, $f'_c = 19,70414$ MPa, $\epsilon_c = 0,00240$, seiring dengan mulai hilangnya confaiment (tulangan *Fine Mesh* mulai leleh) beban P mulai turun hinga $P = 26$ ton, $f'_c = 15,38462$ MPa, $\epsilon_{cu} = 0,0105$ retak benda uji kolom dapat dilihat pada Gambar 4.4 (**Data pengujian hasil eksperimental ada di lampiran L4.7 A Dan L.4.7 B**).

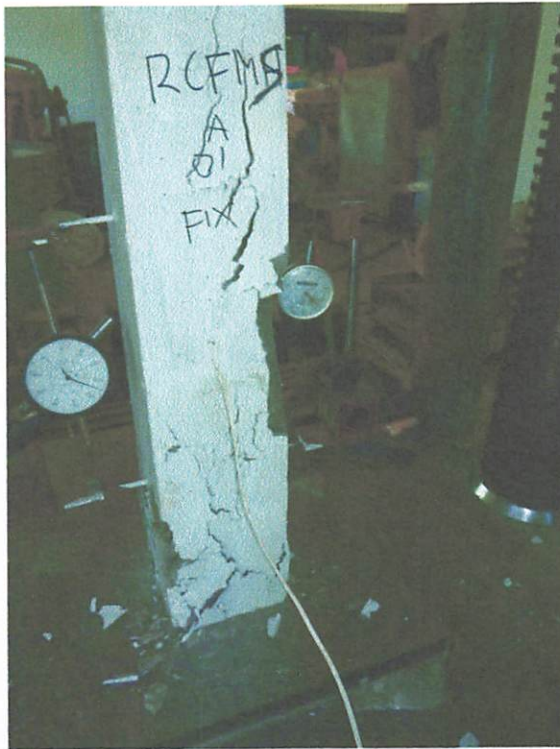


Gambar 4.4a Spalling Pada kolom *RCFM_1* $P = 35$ ton dan $\epsilon'_c = 0,0024$



Gambar 4.4b Spalling Pada Kolom *RCFM_2*, $P = 33,3$ ton dan $\epsilon'_c = 0,0105$

Benda uji kolom (*RCFMS(A)*), untuk *RCFMS(A)_1* terjadi spalling pada bagian yang tidak terkekang (selimut beton), pada beban $P = 13$ ton, $f'_c = 7,692$ MPa, $\epsilon_c = 0,00127$, kemudian core beton mulai pecah pada beban $P_{max} = 30$ ton, $f'_c = 17,75148$ MPa, $\epsilon_c = 0,00213$ seiring dengan mulai hilangnya confinement beban P mulai turun hingga $P = 22$ ton, $f'_c = 13,01775$ $\epsilon_{cu} = 0,00956$ sedangkan pada kolom *RCFMS(A)_2* pengujian hanya bisa dilakukan sampai pada beban $P = 29,5$ ton(**Data pengujian hasil eksperimental ada di lampiran L.4.8 A Dan L.4.8 B**). Mekanisme pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5a Spalling Pada Kolom *RCFMS_2*, $P = 29,5$ ton dan $\epsilon'_c = 0,00231$

Benda uji kolom (*RCFMS(B)*), untuk *RCFMS(B)_1* terjadi spalling pada bagian yang tidak terkekang (selimut beton), pada beban $P = 13$ ton, $f'_c = 7,692$ MPa, $\epsilon_c = 0,000981$, kemudian core beton mulai pecah pada beban $P_{max} = 29,2$ ton, $f'_c = 17,27$ MPa, $\epsilon_c = 0,00213$ seiring dengan mulai hilangnya confinement beban P mulai turun hingga $P = 22$ ton, $f'_c = 13,017$ MPa $\epsilon_{cu} = 0,00946$ sedangkan pada kolom

*RCFMS(B)*_2 pengujian hanya bisa dilakukan sampai pada beban $P = 29,8$ ton(**Data pengujian hasil eksperimental ada di lampiran L4.8 A Dan L.4.8 B**). Mekanisme pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.5

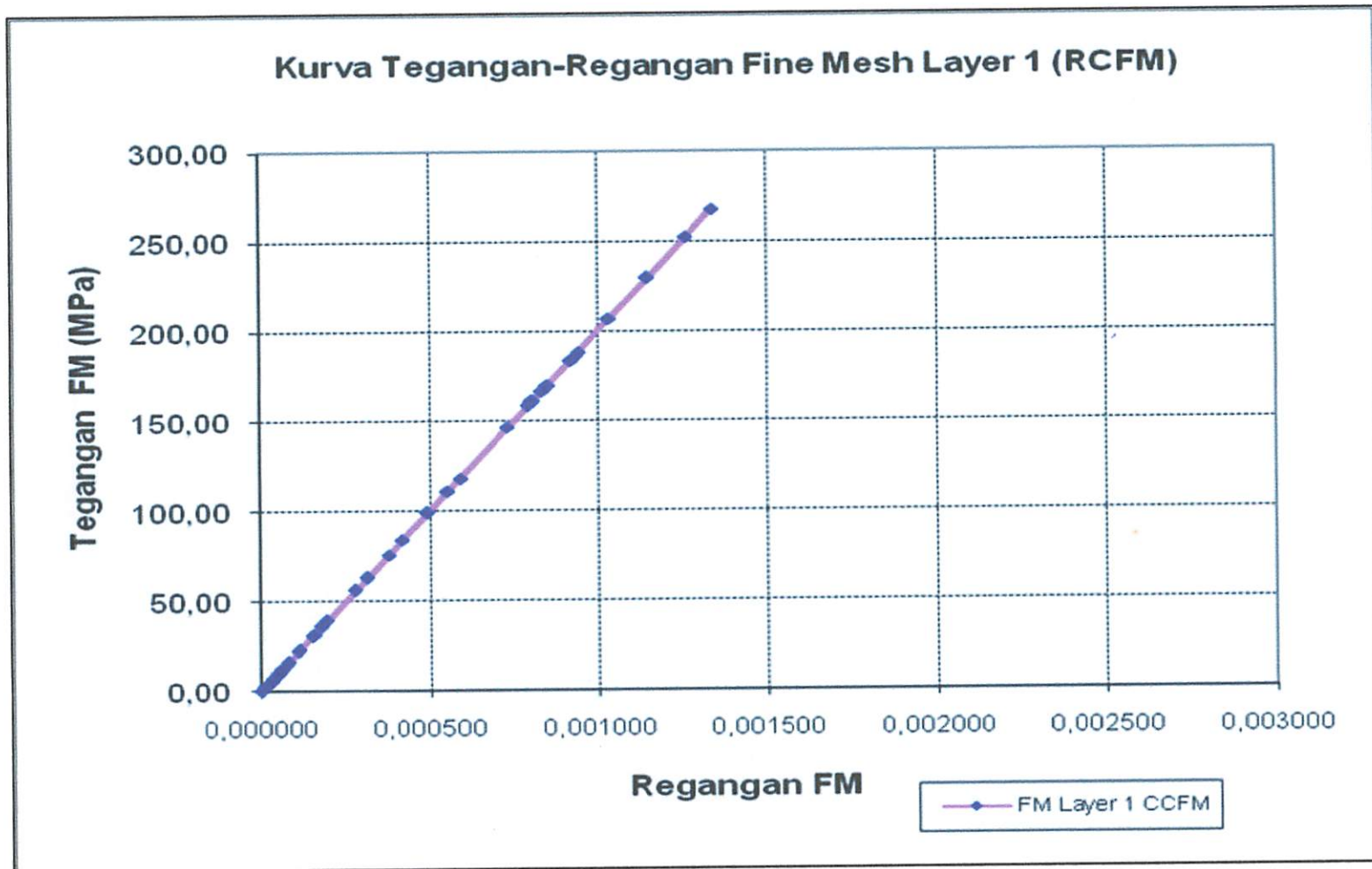


Gambar 4.5a Spalling Pada Kolom *RCFMS(B)*_2, $P = 12$ ton dan $\epsilon'_c = 0,000858$

4.3.2. Analisis Eksperimental Regangan Tulangan

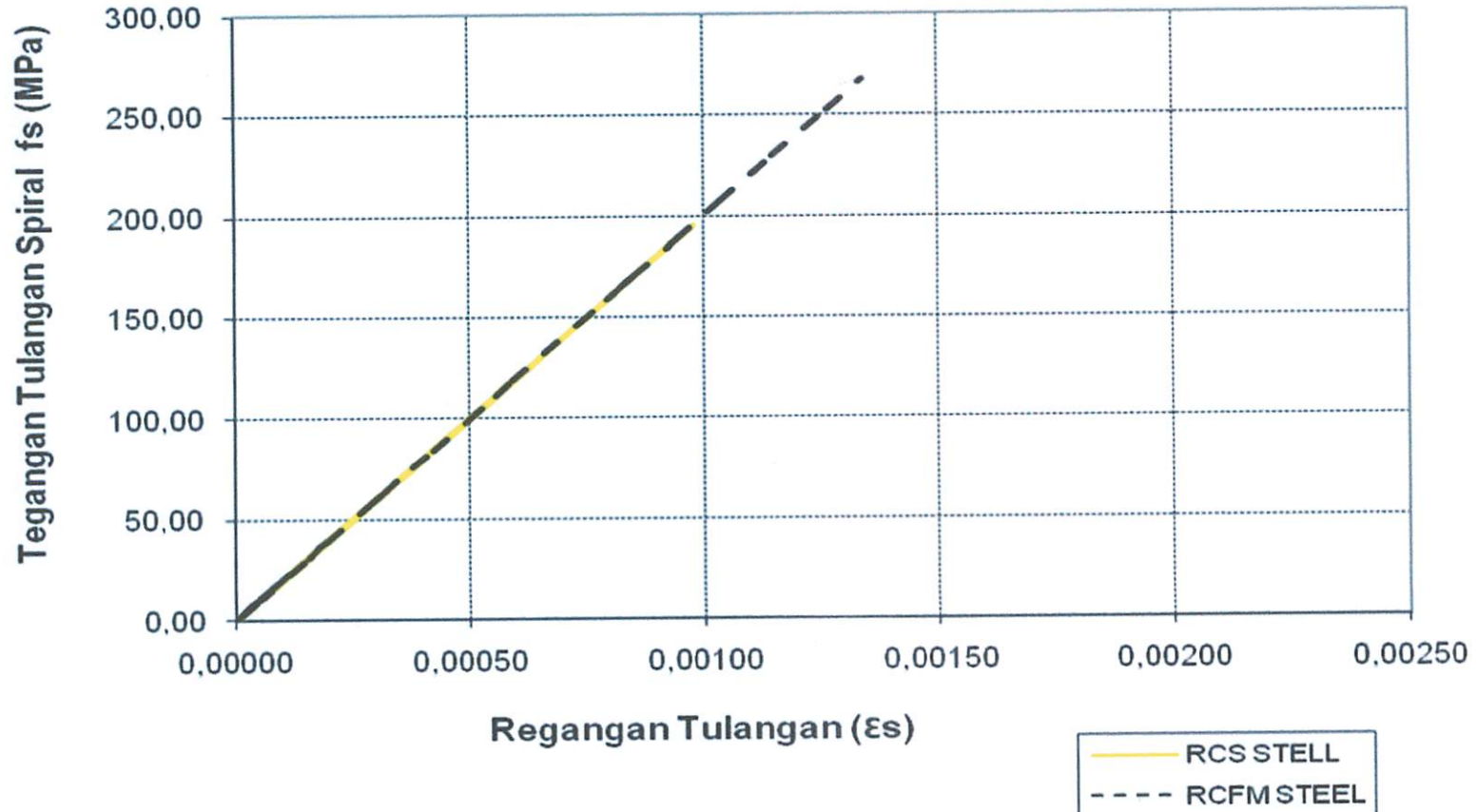
Nilai Regangan tulangan hanya diukur pada tulangan pengekang baik pada pengekangan konvensional maupun pada *Fine Mesh* dan pada eksperimen ini dapat diketahui dari *strain guage* yang menempel pada tulangan pengekangan, pada kolom dengan pengekangan konvensional (*RCS*) dipasang *strain guage* sebanyak 1 buah, kolom dengan pengekangan *Fine Mesh* (*RCFM*) menggunakan *strain guage* 1 buah yaitu 1 buah pada layer, sedangkan kolom yang berpengekangan *Fine Mesh* dan konvensional (*RCFMS*) dipasang 1 buah *strain guage* untuk layer *Fine Mesh*.

Hasil eksperimen pada lampiran L.4.7D untuk kolom *RCFM*, terdapat pada kolom 12 dan 18, dengan $P = 13$ ton, $f_y = 22,383$ MPa $\epsilon_y = 0,0011$, kemudian regangan terus bertambah sampai $f_s = f_y$ pada saat $P = 35$ ton $f_y = 183,755$ MPa, $\epsilon_y = 0,00092$, Gambar 4.6 adalah regangan pada *Fine Mesh* pada layer 1 (lapisan dalam) $\epsilon_y = 0,00134$ pada saat $P = 25$ ton .Sedangkan untuk kolom *RCS* dilihat pada Gambbr 4.7 yang diperoleh dari nilai-nilai pada lampiran L4.6D,kolom 11 dan 15 dengan $P = 15$ ton, $\epsilon_y = 0,000500$ kemudian regangan terus bertambah sampai f_y pada saat $P_{max} = 38$ ton $f_y = 138,579$ MPa, $\epsilon_y = 0,000693$, kemudian regangan bertambah besar pada $P = 25$ ton mencapai $\epsilon_{sh} = 0,000977$.



Gambar 4.6 Grafik Tegangan-Regangan *Fine Mesh* pada kolom *RCFM*

Kurva Tegangan-Regangan Tulangan GABUNGAN FINE MESH DAN SENGGKANG

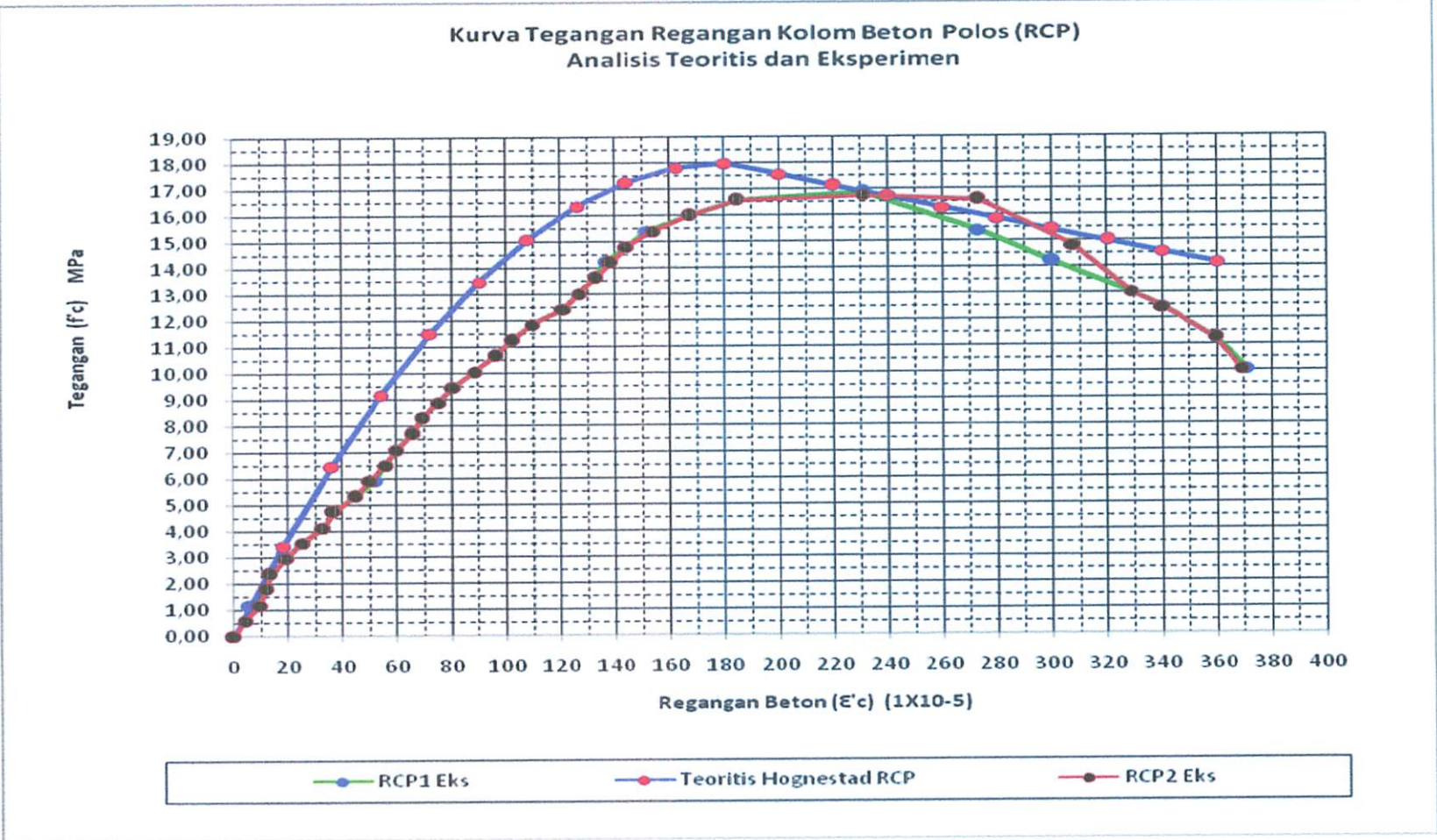


Gambar 4.7 Grafik Tegangan-Regangan *Fine Mesh* pada *hook* kolom RCS

4.3.3. Analisis Eksperimental Tegangan-Regangan Beton Kolom RCP

Hasil data eksperimental yang digunakan untuk penggambaran kurva tegangan-regangan kolom *RCP* diperoleh dari nilai-nilai pada lampiran L4.5 Tabel L4.5 pada kolom 8 dan 11, yang diambil dari Gambar L4.5, didampingi dengan hasil analisis teoritis yang diambil dari Gambar 3.5 dan Tabel 3.2, sehingga diperoleh kurva tegangan-regangan beton kolom *RCP* Seperti pada Gambar 4.8



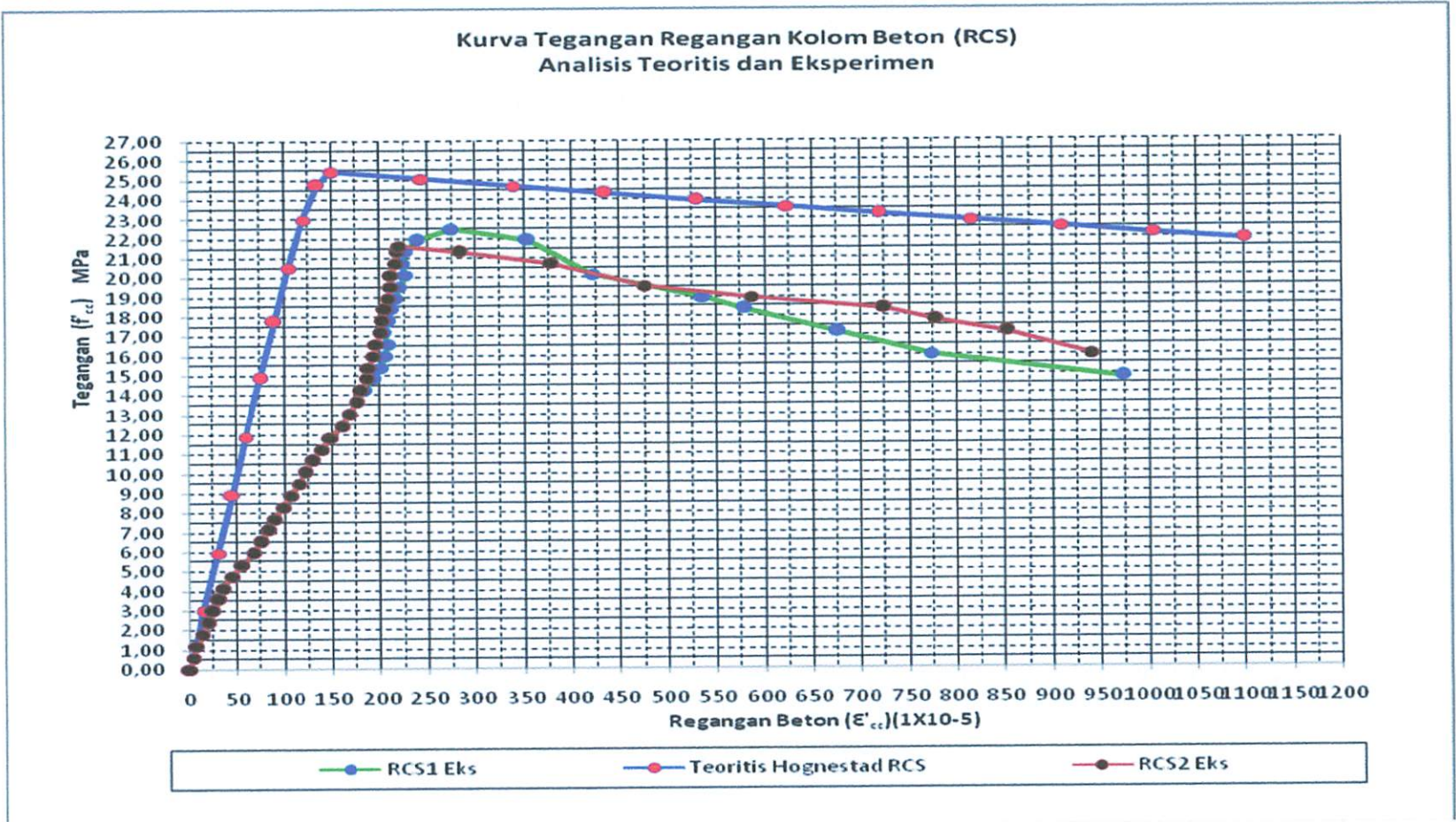


Gambar 4.8 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Beton Teoritis & Eksperimental Kolom (RCP1 dan RCP2)

Dari grafik pada Gambar 4.8 terdapat perbedaan antara kurva analisis teoritis dan eksperimen, dimana kurva hasil eksperimental memiliki penurunan tegangan f'_c sebesar 6,47%, kenaikan ϵ_c sebesar 27,94% dan kenaikan ϵ_{cu} sebesar 2,82% (Didapat dari tabel L4.9) lebih besar namun pada saat beban puncak dilampaui terjadi keruntuhan yang mendadak pada kolom, sehingga regangan ϵ_c beton yang terjadi juga lebih kecil, saat beton mengalami kelelahan waktu mendekati beban puncak, kolom masih mengalami peningkatan kekuatan sampai beban maksimum dilampaui setelah itu kolom mengalami penurunan kekuatan secara tiba-tiba, melihat perilaku ini keruntuhan pada kolom *RCP* mempunyai karakteristik keruntuhan secara mendadak. Sedangkan pada hasil analisis teoritis memiliki pola runtuh bersifat daktail dan memiliki regangan beton ϵ_c yang lebih kecil dibanding dengan hasil eksperimental, 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*

4.3.4. Analisis Eksperimental Tegangan-Regangan Beton Kolom RCS

Hasil data eksperimental yang digunakan untuk penggambaran kurva tegangan-regangan kolom *RCS* diperoleh dari nilai-nilai pada lampiran L4.6 Tabel L4.6 pada kolom 8 dan 11, yang diambil dari Gambar L4.6, didampingi dengan hasil analisis teoritis yang diambil dari Gambar 3.9, Tabel 3.4, sehingga diperoleh kurva tegangan-regangan beton kolom *RCS* seperti pada Gambar 4.9

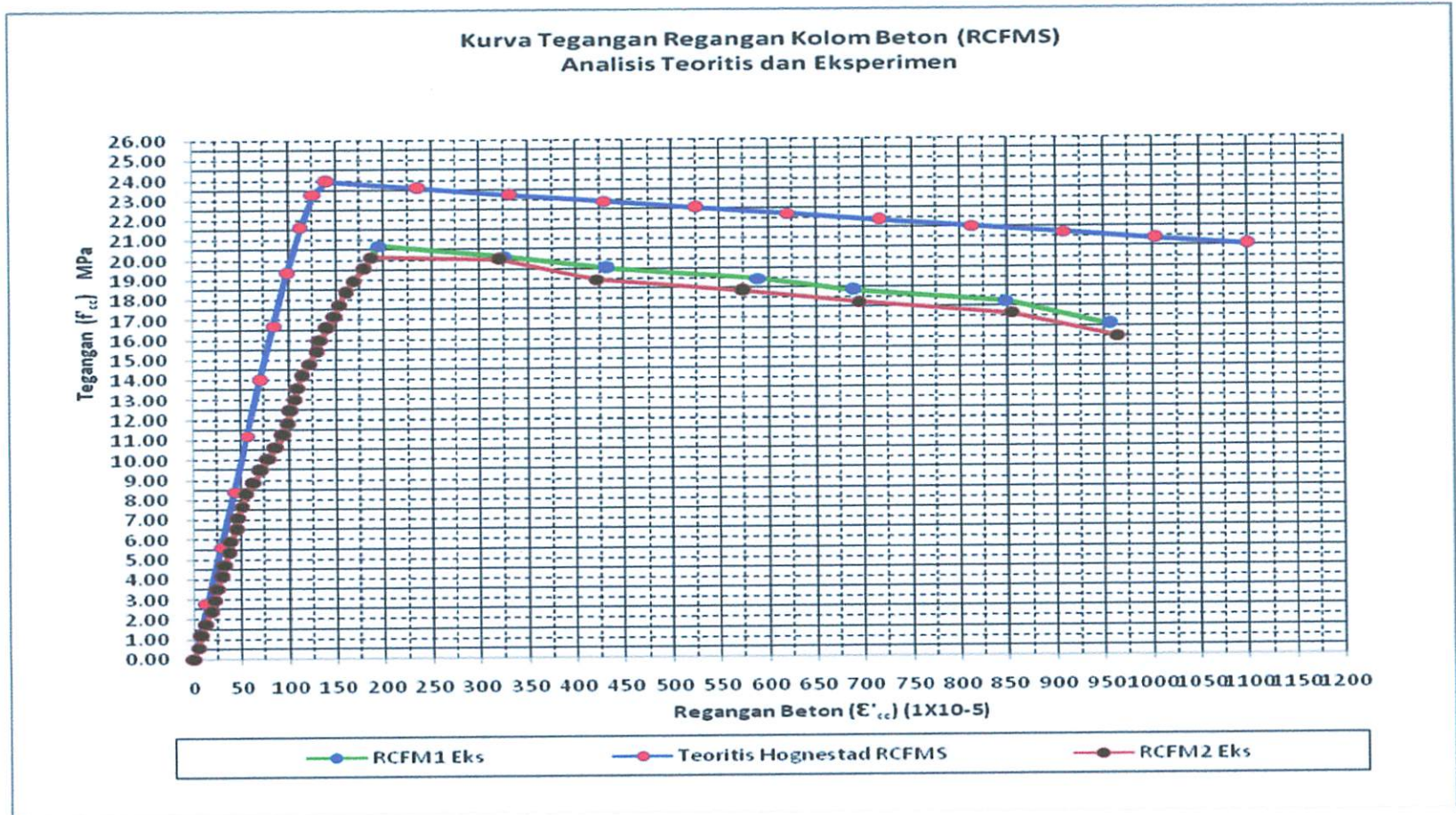


Gambar 4.9 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Beton Teoritis & Eksperimental Kolom (RCS1 dan RCS2)

Dari grafik pada Gambar 4.9 terdapat perbedaan antara kurva teoritis dan eksperimen, dimana kurva hasil eksperimen pada kolom RCS mengalami penurunan kekuatan f'_{cc} sebesar 13,87%, kenaikan ε_{cc} sebesar 87,43% dan penurunan ε_{cu} sebesar 13,02% (Didapat dari tabel L4.9), walaupun terjadi retak-retak memanjang pada sepanjang penampang saat beban $P = 15$ ton, kekuatan penampang kolom masih terus bertambah sampai $P = 37$ ton, dari grafik terlihat bahwa terdapat perbedaan antara kurva analisis teoritis dan eksperimen, dimana kurva hasil eksperimental memiliki kekuatan f'_{cc} yang lebih kecil dari hasil analisis, kenaikan regangan ε_{cc} dan penurunan regangan ε_{cu} dari hasil analitis. Kehancuran pada kolom disebabkan karena kegagalan pada material beton $\varepsilon'_{cu} = 0,00973$ dan bukan pada tulangan konvensional. 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*.

4.3.5. Analisis Eksperimental Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFMS (A)

Hasil data eksperimental yang digunakan untuk penggambaran kurva tegangan-regangan kolom *RCFMS (A)* diperoleh dari nilai-nilai pada lampiran L4.8 Tabel L4.8 pada kolom 8 dan 11, yang diambil dari Gambar L4.8, didampingi dengan hasil analisis teoritis yang diambil dari Gambar 3.11, Tabel 3.5, sehingga diperoleh kurva tegangan-regangan beton kolom RCFMS seperti pada Gambar 4.10

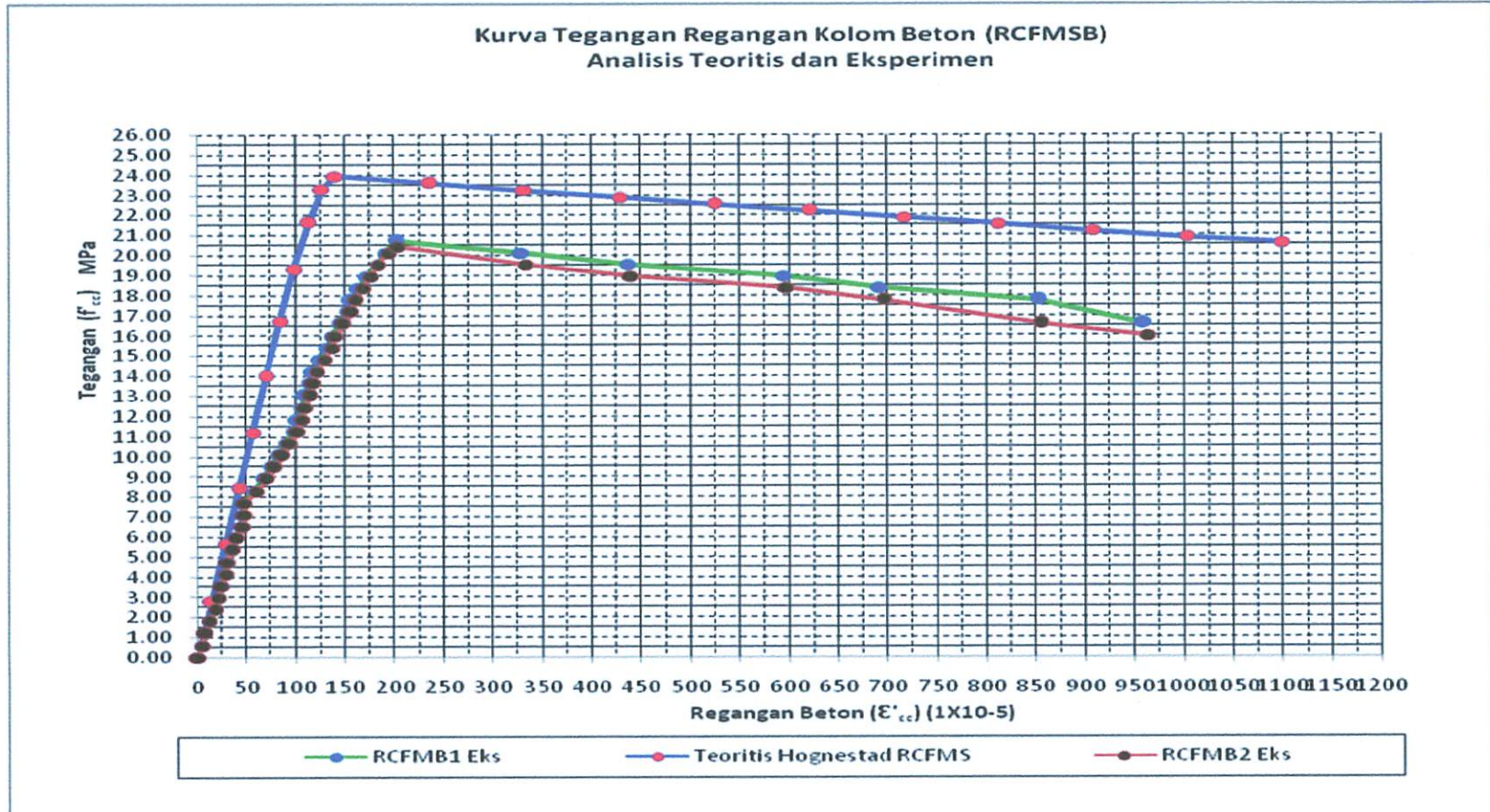


Gambar 4.10 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Beton Teoritis & Eksperimental Kolom (RCFMS1 dan RCFMS2)

Dari grafik pada Gambar 4.10 terdapat perbedaan antara kurva teoritis dan eksperimen, dimana kurva hasil eksperimental memiliki penurunan kekuatan f'_{cc} sebesar 14,95%, kenaikan ε_{cc} sebesar 51,57% dan penurunan ε_{cu} sebesar 69,33% (Didapat dari tabel L4.9) lebih kecil dari pada hasil teoritis. pada hasil eksperimen terlihat bahwa kolom masih mengalami peningkatan kekuatan pada saat mendekati beban puncak walaupun terjadi retak-retak memanjang pada sepanjang penampang kolom sampai pada beban $P = 12$ ton, dimana kekuatan kolom mencapai $f'_{cc} = 20,36$ MPa. Kehancuran pada kolom disebabkan karena kegagalan pada material beton $\varepsilon'_{cu} = 0,00906$ dan bukan pada tulangan konvensional maupun *Fine Mesh*. 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*.

4.3.6. Analisis Eksperimental Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFMS (B)

Hasil data eksperimental yang digunakan untuk penggambaran kurva tegangan-regangan kolom *RCFMS* (B) diperoleh dari nilai-nilai pada lampiran L4.8 Tabel L4.8 pada kolom 8 dan 11, yang diambil dari Gambar L4.8, didampingi dengan hasil analisis teoritis yang diambil dari Gambar 3.11, Tabel 3.5, sehingga diperoleh kurva tegangan-regangan beton kolom *RCFMS* (B) seperti pada Gambar 4.10



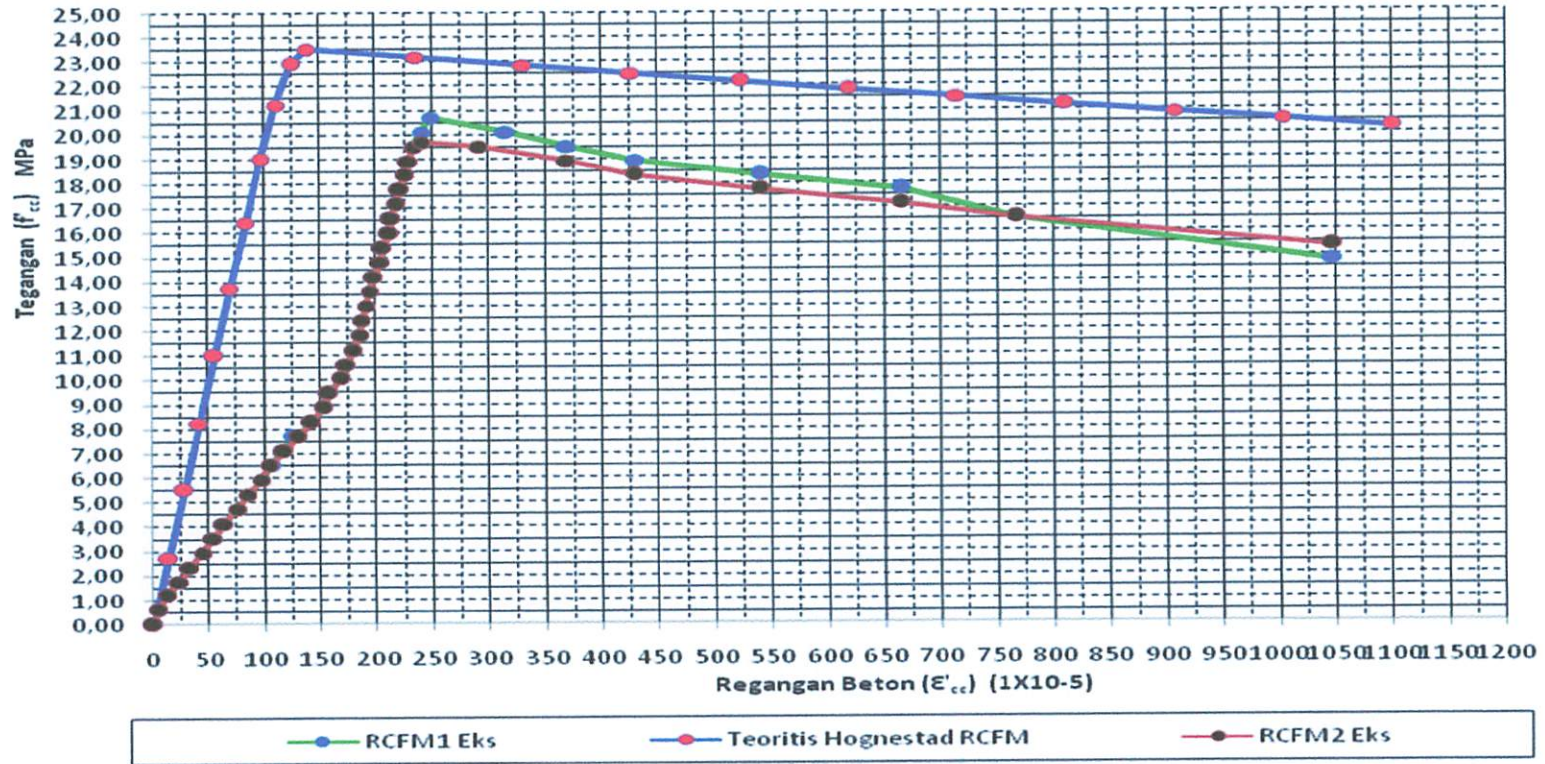
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Beton Teoritis & Eksperimental Kolom (RCFMSB1 dan RCFMSB2)

Dari grafik pada Gambar 4.10 terdapat perbedaan antara kurva teoritis dan eksperimen, dimana kurva hasil eksperimental memiliki penurunan kekuatan f'_{cc} sebesar 14,08%, kenaikan ε_{cc} sebesar 61,87% dan penurunan ε_{cu} sebesar 67,44% (Didapat dari tabel L4.9) lebih kecil dari pada hasil teoritis. pada hasil eksperimen terlihat bahwa kolom masih mengalami peningkatan kekuatan pada saat mendekati beban puncak walaupun terjadi retak-retak memanjang pada sepanjang penampang kolom sampai pada beban $P = 13$ ton, dimana kekuatan kolom mencapai $f'_{cc} = 20,56$ MPa. Kehancuran pada kolom disebabkan karena kegagalan pada material beton $\varepsilon'_{cu} = 0,00203$ dan bukan pada tulangan konvensional maupun *Fine Mesh*. 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*.

4.3.7. Analisis Eksperimental Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFM

Hasil data eksperimental yang digunakan untuk penggambaran kurva tegangan-regangan kolom *RCFM*, diperoleh dari nilai-nilai pada lampiran L4.7 Tabel L4.7 pada kolom 8 dan 11, yang diambil dari Gambar L4.7, didampingi dengan hasil analisis teoritis yang diambil dari Gambar 3.7, Tabel 3.3, digabung berupa kurva tegangan-regangan beton kolom *RCFM* Seperti pada Gambar 4.11

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



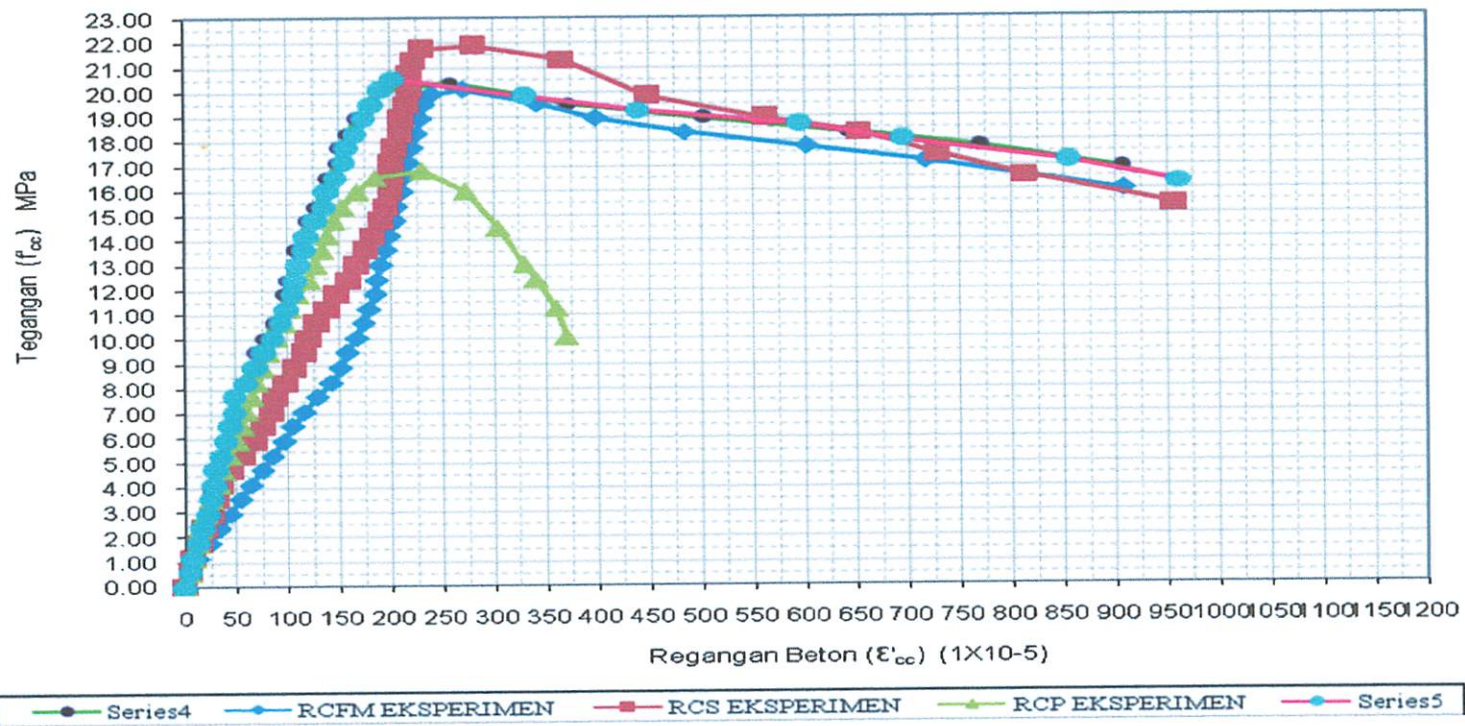
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Beton Teoritis & Eksperimental Kolom (RCFM1 dan RCFM2)

Dari grafik pada Gambar 4.11 terdapat perbedaan antara kurva teoritis dan eksperimen, dimana kurva hasil eksperimental memiliki penurunan kekuatan f'_{cc} sebesar 14,55%, kenaikan ε_{cc} sebesar 95,41% dan penurunan ε_{cu} sebesar 17,48% (Didapat dari tabel L4.9) lebih kecil dari pada hasil teoritis. Pada hasil eksperimen terlihat bahwa kolom masih mengalami peningkatan kekuatan pada saat mendekati beban puncak walaupun terjadi retak-retak memanjang pada sepanjang penampang kolom sampai pada beban $P = 13$ ton, dimana kekuatan kolom mencapai $f'_{cc} = 7,69231$ MPa. Dan Kehancuran pada kolom disebabkan karena kegagalan pada material beton pada saat $\varepsilon'_{cu} = 0,00105$ pada $P = 25$ ton, dan bukan pada tulangan konvensional maupun *Fine Mesh*. 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*.

4.4. Perbandingan Hasil Eksperimental Pada Masing-Masing Kolom

Hasil analisis data eksperimental kurva tegangan-regangan beton pada masing-masing benda uji kolom dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Kurva Tegangan Regangan Kolom GABUNGAN
 Analisis Eksperimen Rata-Rata



Gambar 4.12 Grafik Tegangan-Regangan Beton Gabungan Eksperimen

Dari grafik pada Gambar 4.11 terlihat bahwa kolom *RCFMS* memiliki kurva yang hampir sama dengan kolom yang hanya berpengekangan konvensional *RCS*, hal ini terjadi karena kedua kolom memiliki rasio tulangan yang hampir sama yaitu kolom *RCS*, $\rho_s = 0,0163$ dan kolom *RCFMS*, $\rho_s = 0,0065$ sedangkan pada kolom *RCFM* yang hanya memiliki rasio tulangan sebesar $\rho_s = 0,0058$, memiliki kurva tegangan-regangan sangat rendah. Hasil eksperimental selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.4. Hasil analisis data eksperimental pada ke-empat benda uji kolom ditunjukkan pada Tabel 4.3 dibawah.

Tabel 4.3 Hasil Eksperimental

No	Kode Kolom	ρ_s	f'_{cc} MPa	ϵ_c	ϵ_{cu}	Kenaikan(%)		
						f_{cc}	ϵ_c	ϵ_u
1	RCP	0	16.80	0.00231	0.00370	0	0	0
2	RCS	0.0163	21.89	0.00280	0.00957	23,243	17,526	61,307
3	RCFM	0.0058	20.12	0.00270	0.00908	-8.824	-3.559	-5.403
4	RCFMS(A)	0.013	20.36	0.00258	0.00906	1.176	-4.626	-0.212
5	RCFMS(B)	0.013	20.56	0.00203	0.00962	2.206	-24.911	5.932

Dari Tabel 4.3 terlihat bahwa terjadi peningkatan kekuatan dan dakalitas pada kolom *RCS* (f'_{cc}) sebesar 23,243%, ϵ_{cc} sebesar 17,526%, ϵ_{cu} sebesar 61,307%, terhadap kolom *RCP*, pada kolom *RCFMS(A)* terjadi peningkatan kekuatan dan daktilitas (f'_{cc}) sebesar 1,176%, penurunan ϵ_{cc} sebesar 4,626% dan penurunan ϵ_{cu} sebesar 0,212%, terhadap kolom *RCFM* dan pada kolom *RCFMS(B)* terjadi peningkatan kekuatan dan daktilitas (f'_{cc}) sebesar 2,206 %, penurunan ϵ_{cc} sebesar 24,911 % dan peningkatan ϵ_{cu} sebesar 5,932 %, terhadap kolom *RCFM*. Penurunan kekuatan tegangan dan regangan *RCFM* f'_{cc} sebesar 8,824%, ϵ_{cc} sebesar 3,559% dan ϵ_{cu} sebesar 5,403%, terhadap kolom *RCS* hal ini disebabkan karena pengaruh rasio tulangan yang tidak sama dimana ρ_s kolom *RCFM* = 0,00163, kolom *RCS* $\rho_s = 0,0058$, kolom *RCFMS(A)* $\rho_s = 0,013$, dan kolom *RCFMS(B)* $\rho_s = 0,013$

4.5. Perbandingan Data Hasil Hipotesa Teoritis dan Eksperimental.

Perbandingan hasil hipotesa dan eksperimental seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 dibawah.

Tabel 4.4 Perbandingan Data Hasil Hipotesa Teoritis dan Eksperimental

No.	Kode Kolom	ρ_s	Teoritis			Eksperimental		
			f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}	f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}
1	RCP	0	17.967	0.00180	0.00360	16.80	0.00231	0.00370
2	RCS	0.0163	25.42	0.00149	0.01100	21.89	0.00280	0.00957
3	RCFM	0.0058	23.54	0.00138	0.01100	20.12	0.00270	0.00908
4	RCFMS(A)	0.013	23.93	0.00141	0.01100	20.36	0.00258	0.00906
5	RCFMS(B)	0.013	23.93	0.00141	0.01100	20.56	0.00203	0.00962

Dari hasil Hipotesa dan Eksperimental pada Tabel 4.4 di atas, terlihat bahwa :

1. Pada kolom **RCP** Penurunan kekuatan tekan beton f'_c eksperimental lebih besar dari teoritis yaitu f'_c sebesar 6,47%, kenaikan regangan ϵ_c sebesar 27,94% dan penurunan ϵ_{cu} sebesar 2,82% .
2. Pada kolom **RCFM** Penurunan kekuatan tekan beton f'_{cc} eksperimental lebih besar dari teoritis yaitu f'_{cc} sebesar 14,55%, peningkatan regangan ϵ_{cc} sebesar 47,06% dan penurunan ϵ_{cu} sebesar 67,89% .
3. Pada kolom **RCS** Penurunan kekuatan tekan beton f'_{cc} eksperimental lebih besar dari teoritis yaitu f'_{cc} sebesar 13,87%, peningkatan regangan ϵ_{cc} sebesar 54,49% dan penurunan ϵ_{cu} sebesar 71,89%.
4. Pada kolom **RCFMS(A)** Penurunan kekuatan tekan beton f'_{cc} eksperimental lebih besar dari teoritis yaitu f'_{cc} sebesar 14,95%, peningkatan regangan ϵ_{cc} sebesar 51,57% dan penurunan ϵ_{cu} sebesar 69,33% .

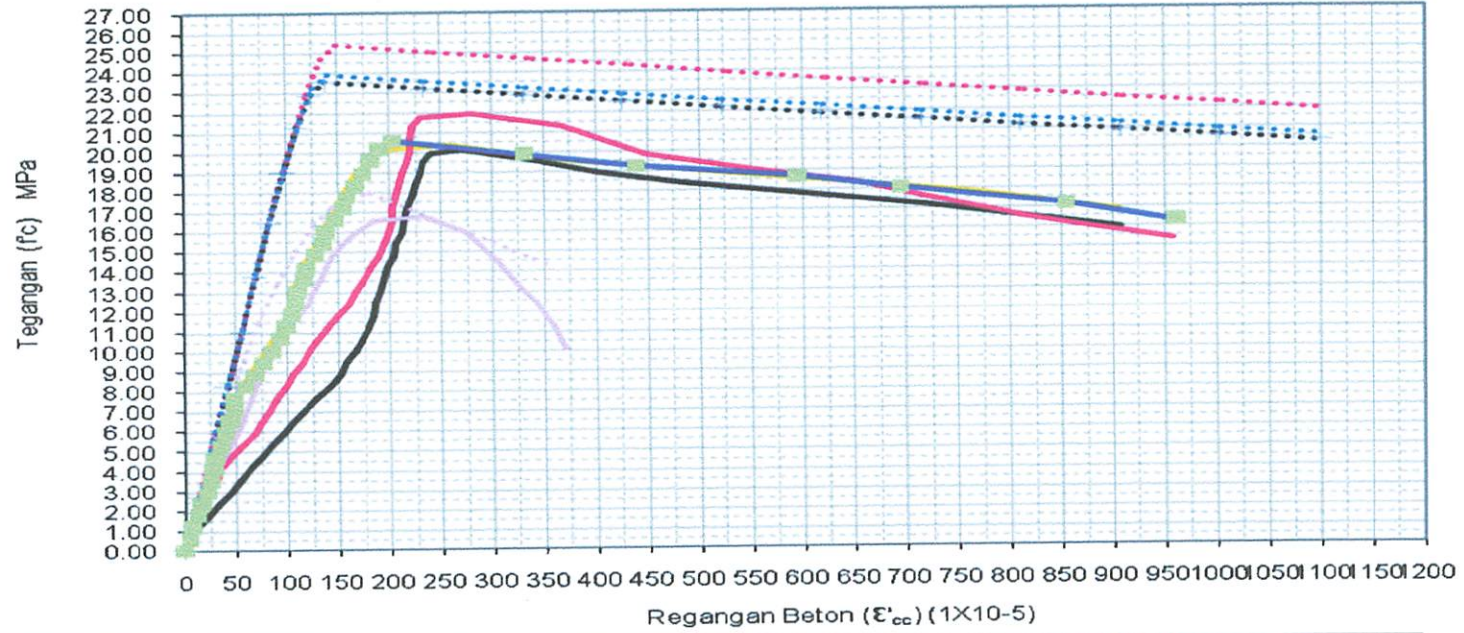
5. Pada kolom **RCFMS(B)** Penurunan kekuatan tekan beton f'_{cc} eksperimental lebih besar dari teoritis yaitu f'_{cc} sebesar 14,08 %, peningkatan regangan ϵ_{cc} sebesar 61,87 % dan penurunan ϵ_{cu} sebesar 67,44 %.

Dari uraian diatas terlihat bahwa penurunan f'_{cc} berkisar antara 6,47 – 14,95 %, kenaikan ϵ_{cc} berkisar antara 27,94 – 61,87% dan penurunan ϵ_{cu} berkisar antara 2,82 – 71,89%.

4.6. Pembahasan Hasil Pengujian

Dari pengujian 10 buah kolom yang terdiri dari 2 buah kolom polos (*RCP*), 2 buah kolom dengan Pengekangan konvensional (*RCS*), 2 Buah kolom dengan pengekangan *Fine Mesh* (*RCFM*), dan 2 buah kolom yang berpengekangan konvensional dan *Fine Mesh* (*RCFMS*). Diperoleh hasil sebagai berikut:

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



1. Kolom polos (*RCP*) antara teoritis dan eksperimen memiliki pola keruntuhan yang mendadak, teoritis setelah melewati beban maksimum $P = 30,3642$ ton pada $f_c = 17,97$ MPa menghasilkan $\varepsilon_{cc} = 0,00180$, $\varepsilon_{cu} = 0,00380$ sedangkan eksperimen melewati beban maksimum $P = 28,5$ ton pada $f'_c = 16,86391$ MPa menghasilkan $\varepsilon_c = 0,00231$, $\varepsilon_{cu} = 0,00371$. Dari gabungan hasil pengamatan menggunakan grafik diperoleh penurunan kekuatan tekan beton f'_c eksperimental lebih kecil dari teoritis yaitu f'_c sebesar 6,47%, kenaikan ε_c sebesar 27,94% dan kenaikan ε_{cu} sebesar 2,82%. Dari grafik diatas pula dapat menunjukkan puncak regangan eksperimen lebih kecil dibandingkan dengan regangan analitis, walaupun tegangan teoritis lebih tinggi dibandingkan dengan eksperimen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa eksperimen lebih elastis bila dibandingkan dengan teoritis.
2. Kolom berpengekang tulangan (*RCS*) antara teoritis dan eksperimen memiliki pola keruntuhan yang mendadak, teoritis setelah melewati beban maksimum $P = 46,1794$ ton pada $f'_c = 25,42$ MPa menghasilkan $\varepsilon_{cc} = 0,00615$, $\varepsilon_{cu} = 0,03404$ sedangkan eksperimen melewati beban maksimum $P = 37$ ton pada $f'_c = 21,893$ MPa menghasilkan $\varepsilon_{cc} = 0,00280$, $\varepsilon_{cu} = 0,00957$. Dari gabungan hasil pengamatan menggunakan grafik diperoleh penurunan kekuatan tekan beton f'_c eksperimental lebih besar dari teoritis yaitu f'_c sebesar 13,87%, kenaikan ε_{cc} sebesar 54,49% dan penurunan ε_{cu} sebesar 71,89%, dari grafik diatas pula dapat menunjukkan puncak regangan eksperimen lebih besar dibandingkan dengan regangan analitis, walaupun tegangan teoritis lebih kecil dibandingkan dengan eksperimen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa eksperimen lebih elastis bila dibandingkan dengan teoritis.
3. Kolom berpengekang finemesh (*RCFM*) antara teoritis dan eksperimen memiliki pola keruntuhan yang mendadak, teoritis setelah melewati beban maksimum $P = 53,82055$ ton pada $f'_c = 23,5438$ MPa menghasilkan $\varepsilon_{cc} = 0,00510$, $\varepsilon_{cu} = 0,02826$ sedangkan eksperimen melewati beban maksimum $P = 35$ ton pada $f'_c = 20,36$ MPa menghasilkan $\varepsilon_{cc} = 0,00258$, $\varepsilon_{cu} = 0,00905$. Dari gabungan hasil pengamatan menggunakan grafik diperoleh penurunan kekuatan tekan beton f'_c eksperimental lebih besar dari teoritis yaitu penurunan f'_c sebesar 14,95%,

kenaikan ε_{cc} sebesar 47,06% dan penurunan ε_{cu} sebesar 67,89%, dari grafik diatas pula dapat menunjukkan regangan eksperimen lebih besar di bandingkan dengan regangan analitis, dan puncak tegangan eksperimen mendekati teoritis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa eksperimen lebih elastis bila dibandingkan dengan teoritis.

4. Kolom berpengekang finemesh dan tulangan (*RCFMS(A)*) antara teoritis dan eksperimen memiliki pola keruntuhan yang mendadak, teoritis setelah melewati beban maksimum $P = 42,40953$ ton pada $f'c = 23,93$ MPa menghasilkan $\varepsilon_{cc} = 0,00532$, $\varepsilon_{cu} = 0,02954$ sedangkan eksperimen melewati beban maksimum $P = 30$ ton pada $f'c = 20,36$ MPa menghasilkan $\varepsilon_{cc} = 0,00256$, $\varepsilon_{cu} = 0,00906$. Dari gabungan hasil pengamatan menggunakan grafik diperoleh penurunan kekuatan tekan beton $f'cc$ eksperimental lebih besar dari teoritis yaitu $f'cc$ sebesar 14,95%, kenaikan ε_{cc} sebesar 51,57% dan penurunan ε_{cu} sebesar 69,33%, dari grafik diatas pula dapat menunjukkan puncak regangan eksperimen lebih besar dibandingkan dengan regangan analitis, dan puncak tegangan teoritis sama dibandingkan dengan eksperimen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa eksperimen lebih elastis bila dibandingkan dengan teoritis.
5. Kolom diretrofiting finemesh dan tulangan (*RCFMS(B)*) antara teoritis dan eksperimen memiliki pola keruntuhan yang mendadak, teoritis setelah melewati beban maksimum $P = 42,40953$ ton pada $f'c = 23,93$ MPa menghasilkan $\varepsilon_{cc} = 0,00532$, $\varepsilon_{cu} = 0,02954$ sedangkan eksperimen melewati beban maksimum $P = 29,5$ ton pada $f'c = 20,56$ MPa menghasilkan $\varepsilon_{cc} = 0,00203$, $\varepsilon_{cu} = 0,00962$. Dari gabungan hasil pengamatan menggunakan grafik diperoleh penurunan kekuatan tekan beton $f'cc$ eksperimental lebih besar dari teoritis yaitu $f'cc$ sebesar 14,08%, kenaikan ε_{cc} sebesar 61,87% dan penurunan ε_{cu} sebesar 67,44%, dari grafik diatas pula dapat menunjukkan puncak regangan eksperimen lebih besar dibandingkan dengan regangan analitis, dan puncak tegangan teoritis sama dibandingkan dengan eksperimen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa eksperimen lebih elastis bila dibandingkan dengan teoritis.

6. Dari grafik diatas dapat dilihat juga bahwa regangan eksperimen RCS lebih besar dibandingkan yang lain, sehingga RCS memiliki elastisitas lebih besar di banding yang lain.

TABEL PERBEDAAN PERSENTASE ANTARA KOLOM RCS DAN KOLOM RCFMS(A)

No	Tipe Kolom	ρ_s	Teoritis			Eksperimen		
			f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}	f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}
1	RCS	0.016293	25.42	0.00615	0.03403	21.89349	0.00280	0.00957
2	RCFMS(A)	0.013043	23.93	0.00532	0.02954	20.35503	0.00258	0.00906
Perbedaan Persentase		19.95%	5.8%	13.46%	13.21%	7.03%	7.90%	5.33%

TABEL PERBEDAAN PERSENTASE ANTARA KOLOM RCS DAN KOLOM RCFMS(B)

No.	Tipe Kolom	ρ_s	Teoritis			Eksperimen		
			f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}	f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}
1	RCS	0.016293	25.41916	0.00615	0.03403	21.89349	0.00280	0.00957
2	RCFMS(B)	0.013043	23.93275	0.00532	0.02954	20.56213	0.00203	0.00962
Perbedaan Persentase		19.95%	5.85%	13.46%	13.21%	6.08%	27.49%	0.50%

7. Efektifitas eksperimen tulangan sengkang yang diberi lapisan fine mesh (RCFMS(A)) dan kolom beton yang dikekang tulangan sengkang (RCS) memiliki penurunan yaitu rasio tulangan transversal ρ_s sebesar 19,95 %, f'_{cc} sebesar 7,03%, ϵ_{cc} sebesar 7,90% dan ϵ_{cu} sebesar 5,33%.
8. Efektifitas eksperimen tulangan sengkang yang di retrofiting lapisan fine mesh (RCFMS(B)) dan kolom beton yang dikekang tulangan sengkang (RCS) memiliki penurunan yaitu rasio tulangan transversal ρ_s sebesar 19,95 %, f'_{cc} sebesar 6,08%, ϵ_{cc} sebesar 27,49% dan ϵ_{cu} sebesar 0,50%.
9. Dari hasil analysis teoritis maupun eksperimental terdapat kecendrungan bentuk atau trend kurva tegangan-regangan beton yang serupa, antara hasil teoritis dan eksperimental selisih grafik tegangan berkisar antara 1 s/d 4 MPa dan perbedaan nilai tegangan f'_{cc} sebesar 6% s/d 14% sedangkan pada regangan ϵ_{cc} dan ϵ_{cu}

memiliki perbedaan yang cukup signifikan, yaitu berkisar antara 2 s/d 71% pada setiap kolom, hasil eksperimental menunjukkan ada peningkatan kekuatan maupun daktilitas pada kolom yang diberi pengekangan dengan *Fine Mesh*, hal ini merupakan kesimpulan awal bahwa *Fine Mesh* dapat digunakan secara efektif sebagai pengekangan pada kolom oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan berbagai dimensi penampang, volume rasio tulangan *Fine Mesh*, dan jumlah benda uji yang lebih banyak.

10. Dari uraian di atas dapat disimpulkan pula bahwa berturut-turut f'_{cc} dan ϵ'_{cc} hasil eksperimen ternyata perbedaan rata-rata lebih besar 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

Penelitian tentang efektifitas fine mesh \emptyset 4-50 bila digunakan sebagai bahan retrofitting kolom persegi beton bertulang menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Efektifitas fine mesh \emptyset 4-50 sebagai pengekang keseluruhan kolom maupun berpadu dengan sengkang lain sebagai pengekang efektif karena f'_{cc} , ϵ_{cc} , dan ϵ_{cu} RCFMS(A) (tulangan sengkang BJTP yang dibungkus lapisan fine mesh) terjadi perbedaan $< 15\%$ dari kolom RCS (beton terkekang tulangan sengkang BJTP).
2. Efektifitas tulangan sengkang BJTP yang di-retrofit lapisan fine mesh \emptyset 4-50 sebagai pengekang (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan sengkang BJTP efektif karena f'_{cc} , ϵ_{cc} , dan ϵ_{cu} RCFMS(B) (tulangan sengkang BJTP yang di-retrofit lapisan fine mesh) terjadi perbedaan $< 15\%$ dari kolom RCS (beton terkekang tulangan sengkang BJTP).
3. Model trend kurva hasil teoritis dan eksperimen tulangan sengkang yang diberi lapisan fine mesh (RCFMS(A)), tulangan sengkang yang di-retrofit lapisan fine mesh (RCFMS(B)) dan kolom beton yang dikekang tulangan sengkang (RCS) juga berbentuk hampir sama seperti kurva tegangan-regangan usulan Mander, dkk.
4. Pada kurva teoritis dan eksperimental terlihat berbeda. Kurva eksperimental lebih rendah dibandingkan kurva teoritis, 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. Perlu diadakannya penelitian lanjutan dengan memperhitungkan permodelan bentuk sebelum dilaksanakan penelitian.
3. Untuk laboratorium beton, diharapkan memperbanyak alat-alat pengujian agar mahasiswa yang ingin melakukan penelitian tidak terbentur dengan masalah pengujian alat.

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 RCP

Tabel L.3.3 : Tabel Hasil Analisa Teoritis Kolom RCFM

Tabel L.3.4 : Tabel Hasil Analisa Teoritis Kolom RCS

Tabel L.3.5 : Tabel Hasil Analisa Teoritis Kolom RCFMS

LAMPIRAN IV : Tabel Hasil Pengamatan Eksperimen

Tabel L.4.1 : Perhitungan Luas Tulangan Longitudinal dan
Pengekangan Kolom

Tabel L.4.2 : Perhitungan teoritis f_{cc} dan ϵ_{cu}

Tabel L.4.3 : Hasil Eksperimental

Tabel L.4.4 : Perbandingan Data Hasil Hipotesa Teoritis dan
Eksperimental

Tabel L.4.5 : Tabel Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom RCP

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

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

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

Tabel L.4.6 : Tabel Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom RCS

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

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

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

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

Tabel L.4.7 : Tabel Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom RCFM

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

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

Tabel L.4.7-C : Rata-rata Hasil Eksperimen Pengamatan Kolom RCFM

Tabel L.4.7-D : Hasil Pengamatan Regangan Baja FineMesh

Tabel L.4.8 : Tabel Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom RCFMS

Tabel L.4.8-A : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom RCFMS-1

Tabel L.4.8-B : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom RCFMS-2

Tabel L.4.8-C : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom RCFMSB-1

Tabel L.4.8-D : Hasil Pengamatan Eksperimen Kolom RCFMSB-2

Tabel L.4.8-E : Rata-rata Hasil Eksperimen Pengamatan Kolom RCFMS

LEMBAR ASISTENSI

LAMPIRAN L 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

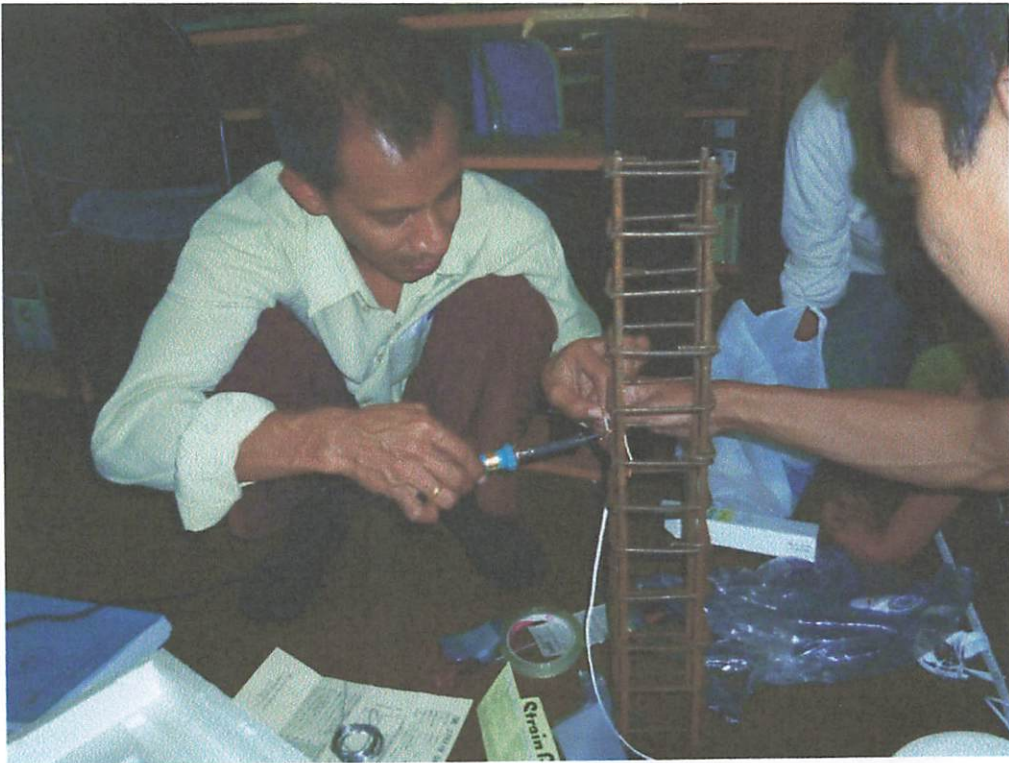


Foto : Pemasangan Strain Gauge

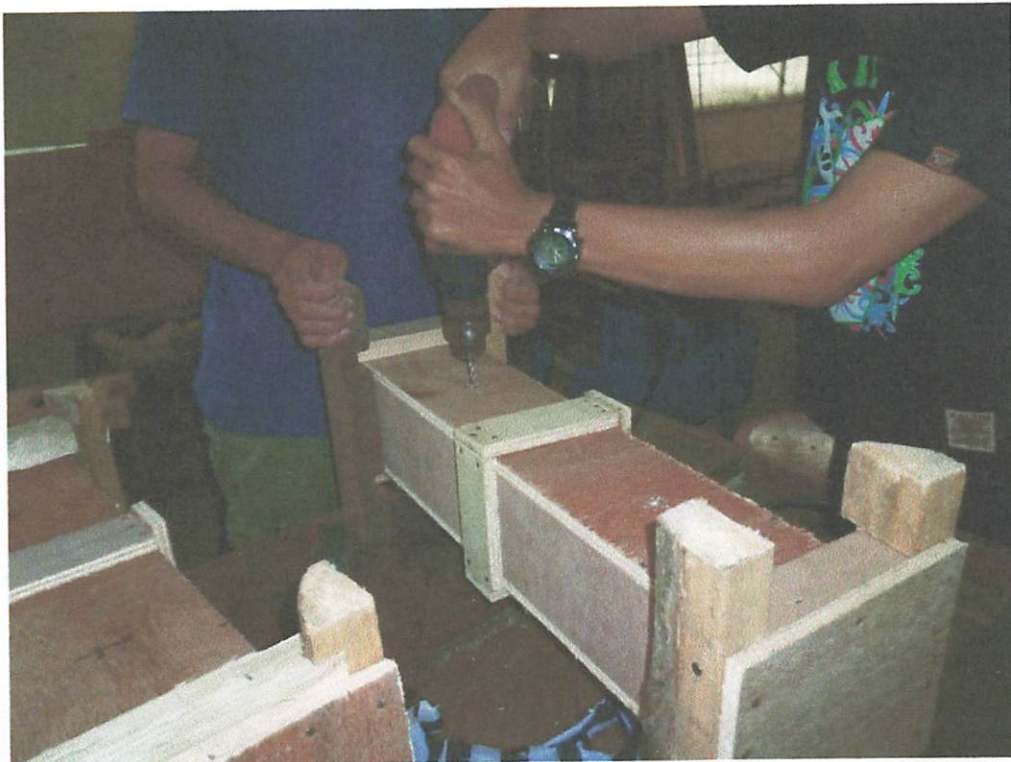


Foto : Proses Pelubangan Bekisting Untuk Besi Eldivity



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

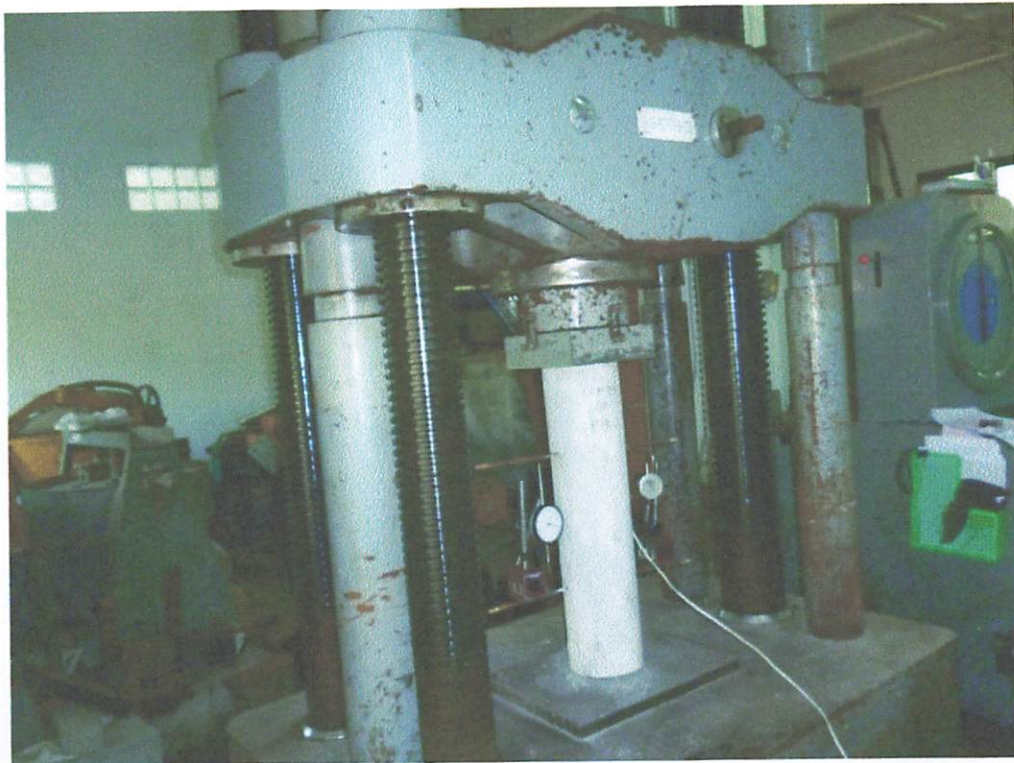


Foto : Pengujian Benda Uji Di Kampus Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya

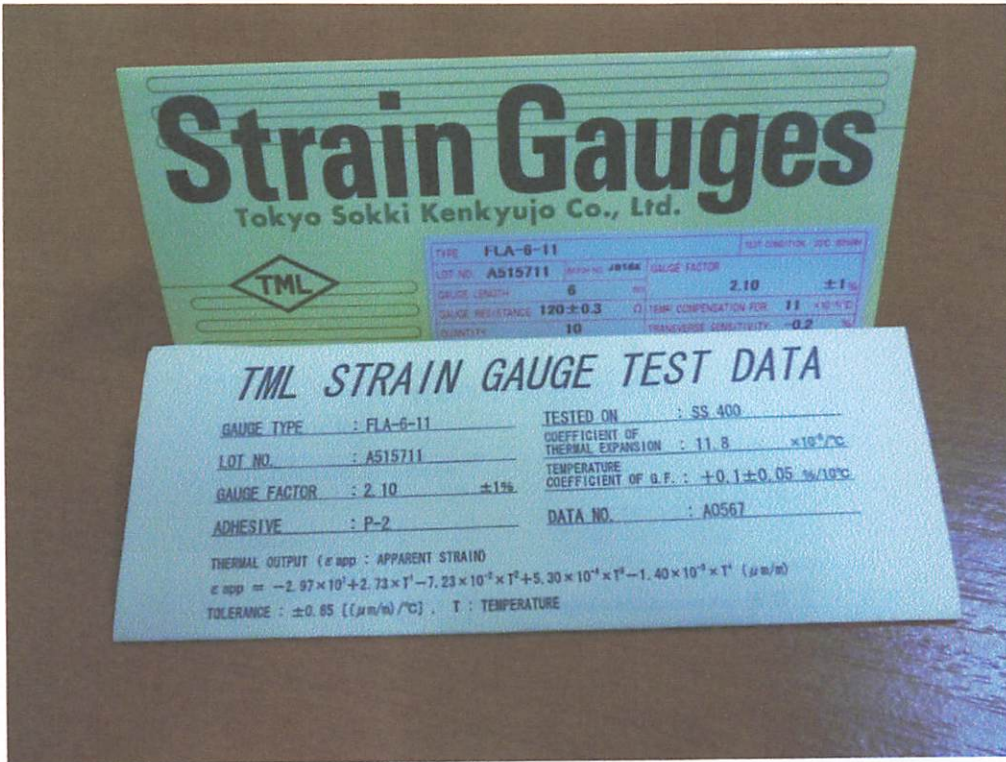


Foto : Jenis Strain Gauge yang dipergunakan.



Foto : Jenis Data Logger yang dipergunakan.

LAMPIRAN L II

PENGUJIAN BESI BAJA

DAN

SILINDER BETON

LAMPIRAN L 2.1

TABEL HASIL

PENGUJIAN TARIK BAJA TULANGAN BJTP

LAPORAN HASIL PENGUJIAN TARIK BAJA TULANGAN BJTP



TEST REPORT

032

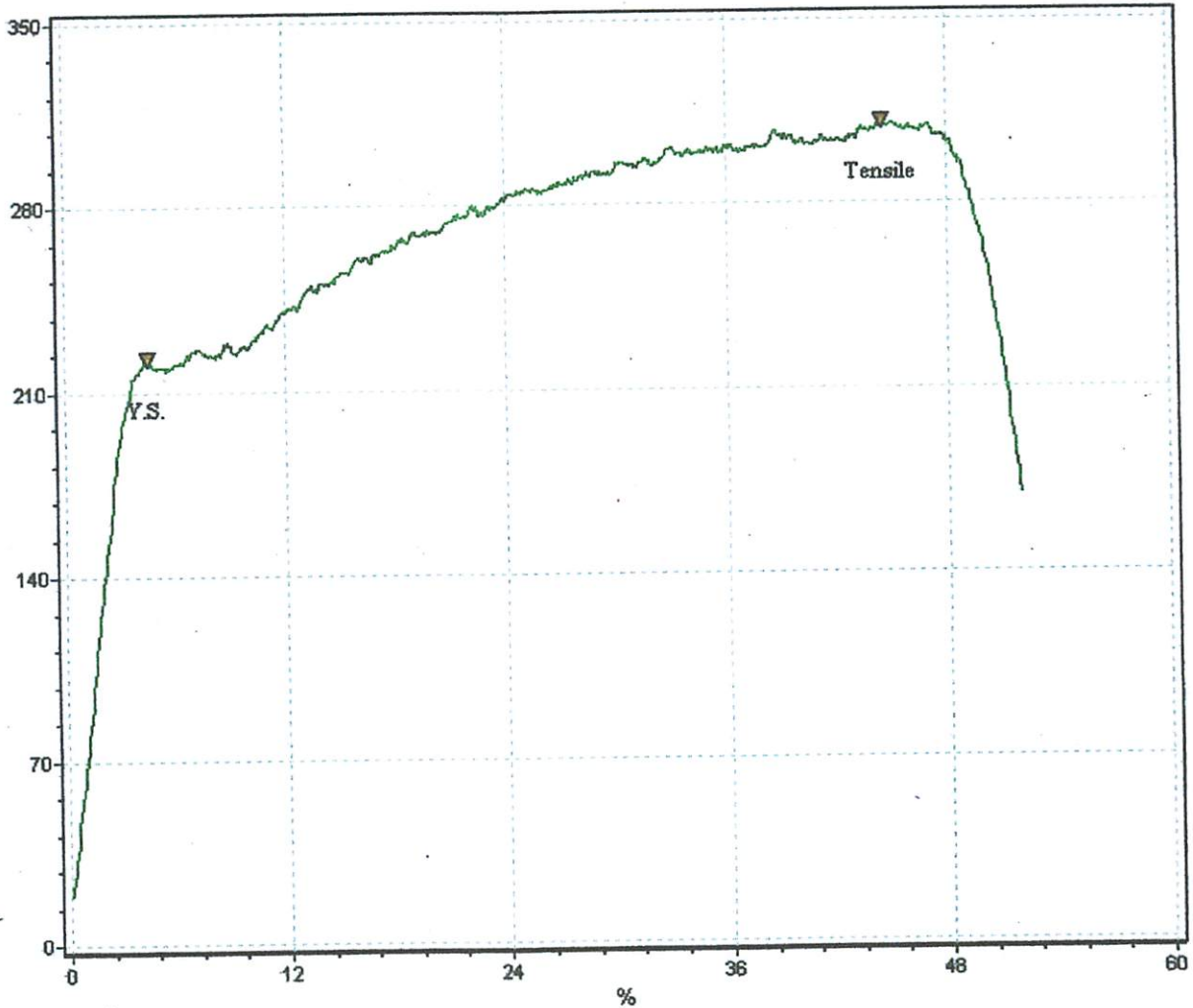
Standard : ASTM A370

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

1032-01



Kepala Laboratorium :

I Komang Astana Widi, ST.MT

NIP Y. 1030400405



TEST REPORT

1026

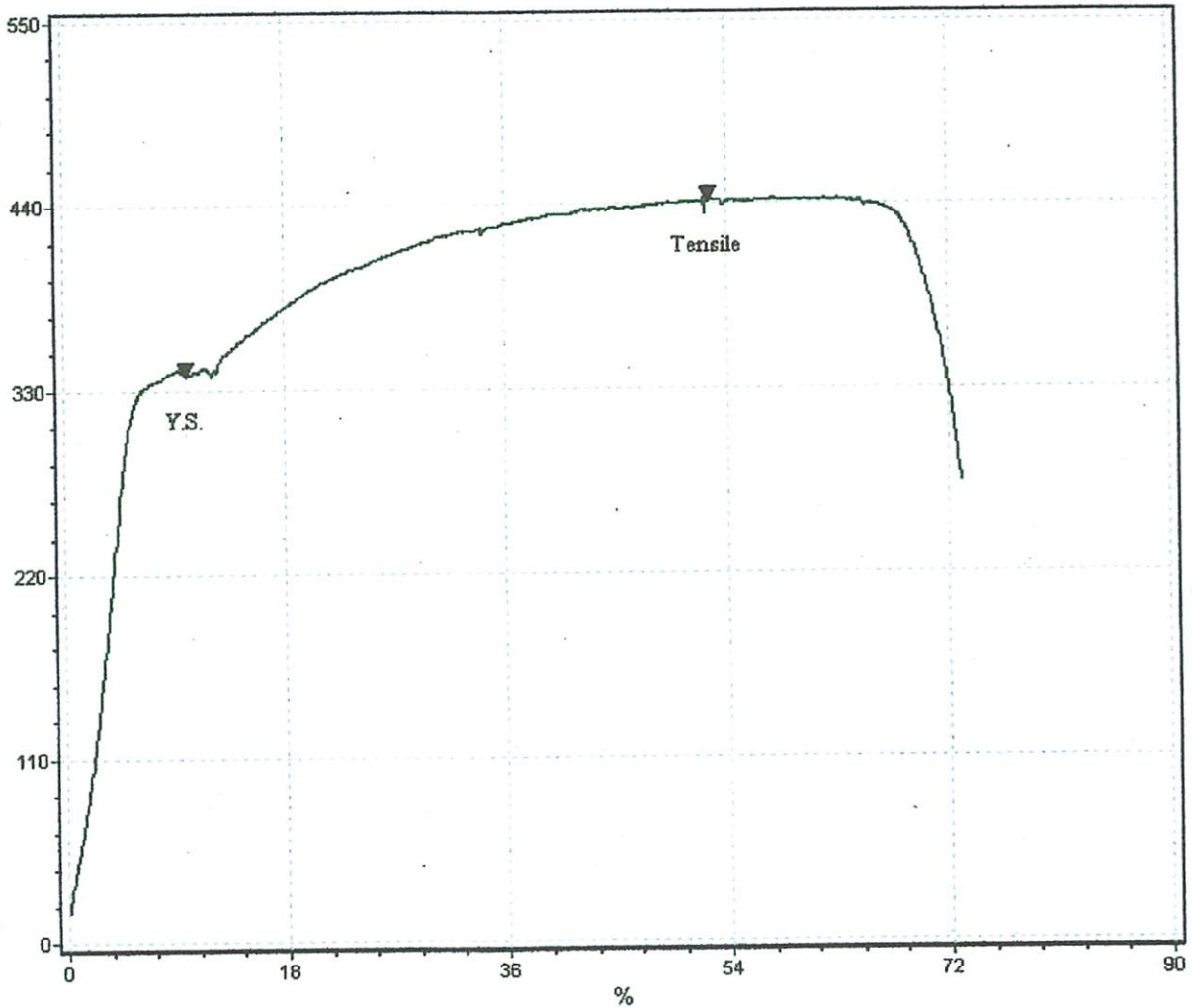
Standard : ASTM A370

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

1026-01



Kepala Laboratorium :

I Komang Astana Widi, ST.MT

NIP Y. 1030400405



TEST REPORT

030

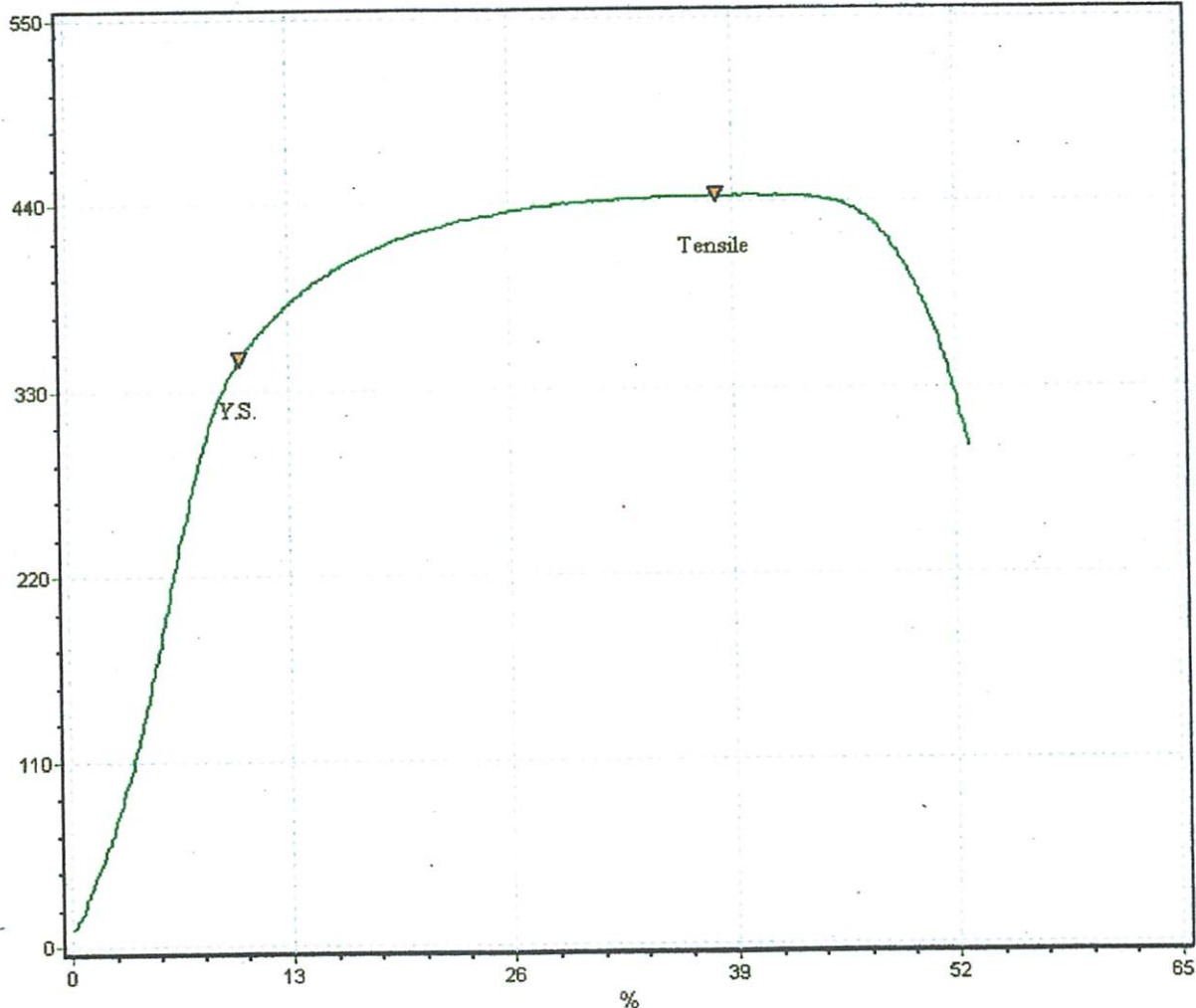
Standard : ASTM A370

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

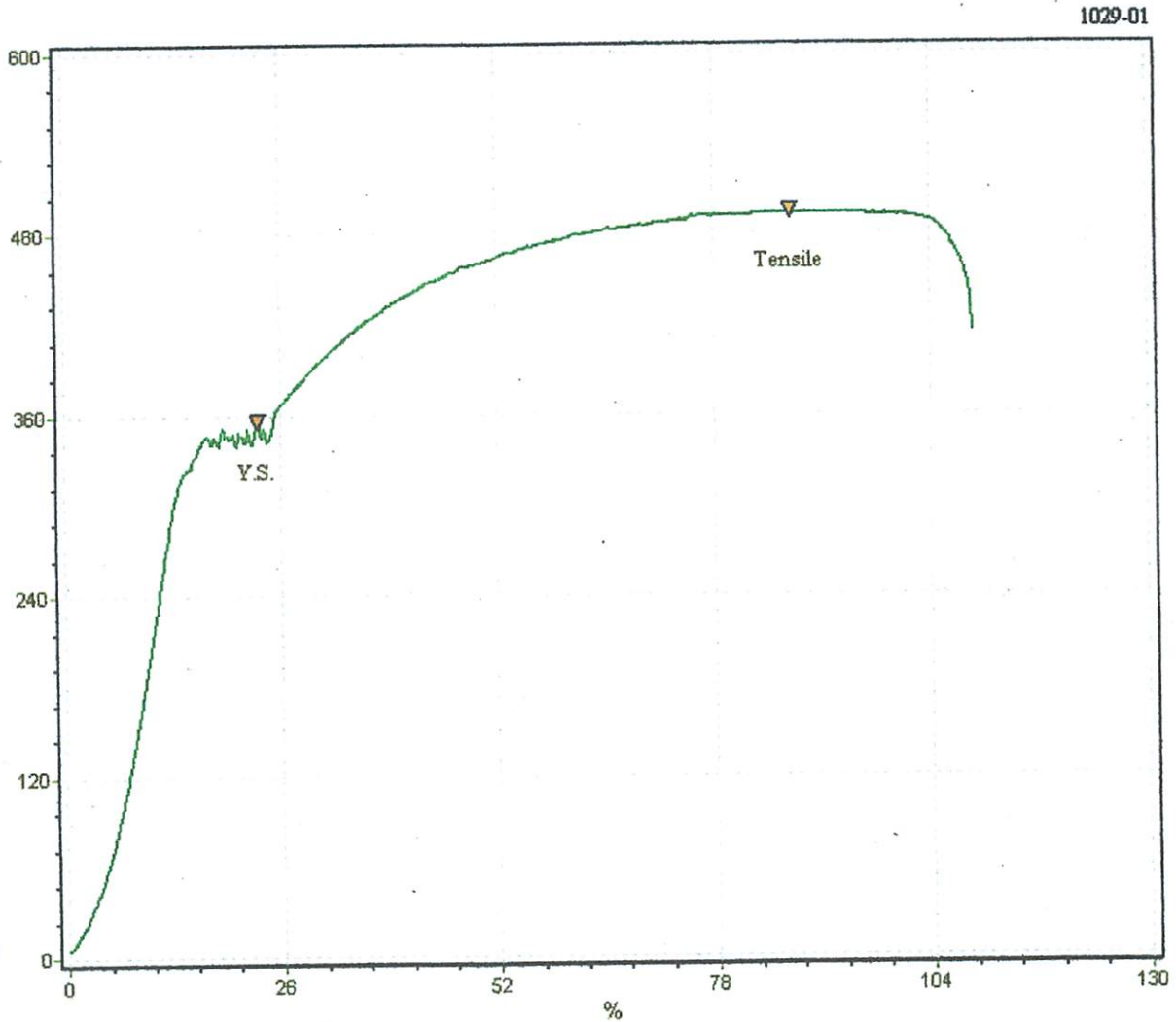
NIP Y. 1030400405



TEST REPORT

029 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



Kepala Laboratorium :

I Komang Astana Widi, ST.MT

NIP Y. 1030400405

Label L2.1. Pengujian kuat tarik tulangan logitudinal
hasil pemeriksaan kuat tarik besi beton

waktu / Tanggal : **Jumat, 20 Juli 2012**
Jumlah : **3 Sampel**

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

pengujian kuat tarik tulangan Transversal

Benda Uji	no	Panjang (mm)	dia (mm)	luas (mm ²)	Kuat Tarik		reg (%)		
					(kg/cm ²)	(Mpa)			
6 mm	1	500	4,7	17,3	2231,200	223,120	3109,550	310,955	51,822
Polos									
			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)	
RCP	D = 130 X 130 mm			Sampel 1
RCL	D = 130 X 130 mm	Longitudinal Ø = 7,2mm dan		Sampel 2
RCS	D = 130 X 130 mm	Longitudinal Ø = 7,2mm dan Transversal Ø = 5,6mm Jarak s = 50 mm		Sampel 3
RCFMH1	D = 130 X 130 mm	Longitudinal Ø = 5,6mm dan Transversal Ø = 4,7mm Jarak s = 200 mm	FM Ø 4 – 50 mm (dicor gabung)	Sampel 4
RCFM	D = 130 X 130 mm		FM Ø 4 – 50 mm	Sampel 5
RCFMH2	D = 130 X 130 mm	Longitudinal Ø = 5,6mm dan Transversal Ø = 4,7mm Jarak s = 200 mm	FM Ø 4 – 50 mm (Selimut dikupas)	Sampel 6

LAMPIRAN L 3.2

TABEL ANALISA KOLOM RCP

Parameter Penelitian

Sudah dilakukan analisis terhadap dimensi penampang benda uji yang ditentukan berdasarkan kapasitas alat yang akan digunakan di laboratorium dengan rasio tulangan Fine Mesh dibuat ekuivalen dengan rasio pengekangan konvensional, Analisis dimensi penampang benda uji dapat dilihat pada lampiran 2.1 sedangkan rasio Fine Mesh pada lampiran 2.1

Parameter-parameter benda uji kolom hasil analisis yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Kolom pendek dengan penampang berbentuk persegi dengan dimensi penampang

$$b = 130 \text{ mm} \quad L = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton kolom} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton } f'_c = 17,967 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan leleh baja tulangan polos } f_y = 223,12 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan leleh fine mesh } f_{yms} = 470 \text{ MPa}$$

$$\text{Baja tulangan polos } \emptyset (D_1) = 5,6 \text{ mm} \text{ dan } \emptyset = 7,2 \text{ mm}$$

$$\text{Baja tulangan polos } \emptyset (D_2) = 4,7 \text{ mm} \text{ dan } \emptyset = 5,6 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter fine mesh adalah } \mathcal{A} = 4 \text{ mm} \text{ dengan ukuran grid } 50 \times 50 \text{ mm}$$

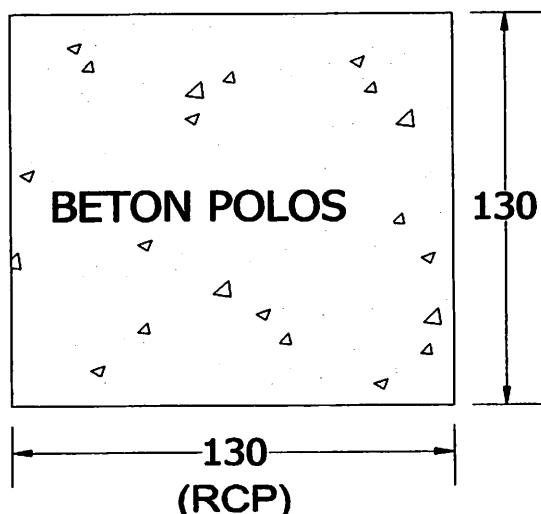
Jumlah lapisan fine mesh yang dipakai sebanyak 2 (dua) lapis, untuk kolom beton tanpa terkekang fine mesh (RCFM)

9.1. Preliminary Analysis

Setelah mempelajari hasil-hasil penelitian ini dipandang Rumus-Rumus dibawah relevan dipakai sebagai hipotesa hubungan tegangan-regangan $f'_c, \mathcal{E}_{cc}, \mathcal{E}_{cu}$ beton yang dikekang dengan menggunakan Fine Mesh

Analisis Teoritis kolom Tanpa Pengekangan (RCP)

Perhitungan analisis kolom Tanpa Pengekangan menggunakan Rumus Hognestad



Gambar 3.4 Penampang Kolom Tanpa Pengekangan (RCP),

$$f_c = 17,97 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f_c} \\ &= 4700 \times \sqrt{17,97} \\ &= 19922,1241 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_o &= \frac{2f_c'}{E_c} \\ &= \frac{2 \times 17,97}{19922,1241} \\ &= 0,00180372 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} f_c' &= \frac{17,97}{\left\{ \frac{2 \times 0,001803723}{0,001803723} - \left(\frac{0,001803723}{0,001803723} \right)^2 \right\}} \\ &= 17,97 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0038$$

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

$$\begin{aligned} f_c'' &= \frac{17,967}{\left(\frac{2 \times 0,0038}{0,0018} - \left(\frac{0,0038}{0,0018} - 0,0018 \right)^2 \right)} \\ &= 4,2641 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Beban maksimum kolom RCP adalah

$$\begin{aligned} P_{max} &= A_g \times f_c \\ &= 130 \times 130 \times 17,97 \\ &= 303642,3 \text{ N} = 30,3642 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 3.2 Analisis Teoritis Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton Tanpa Pengekangan RCP

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	0,0020	17,5406
13	0,0022	17,1142
14	0,0024	16,6878
15	0,0026	16,2613
16	0,0028	15,8349
17	0,0030	15,4085
18	0,0032	14,9821
19	0,0034	14,5557
20	0,0036	14,1293

keterangan, pengisian kolom pada Tabel 3.2

warna **biru** : kolom mengalami tegangan dan regangan puncak
 warna **merah** : kolom mengalami regangan dan regangan ultimit

$$\begin{pmatrix} f'_{cc} , \epsilon_{cc} \\ f'_{cu} , \epsilon_{cu} \end{pmatrix}$$

Kolom 1 : Nomor

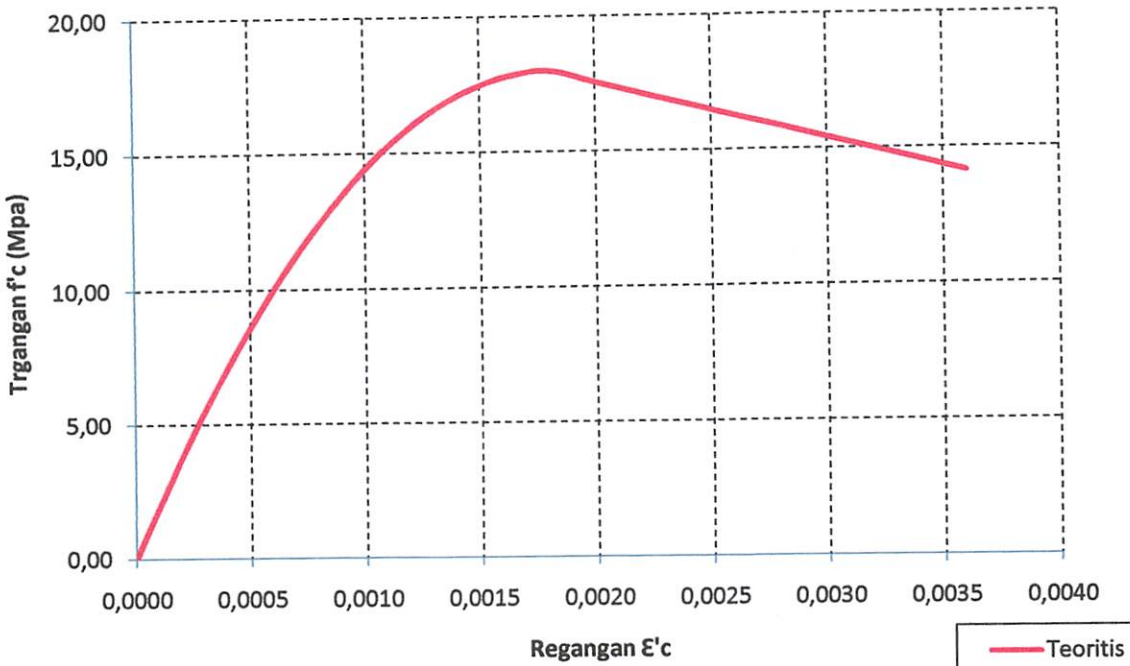
Kolom 2 : $\epsilon_o = \frac{2 f'_c}{E_c}$ (2.2)

Kolom 3 : $f_c = f'_c = \left\{ \frac{2 \epsilon_c}{\epsilon_o} - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^2 \right\}$ (2.1)

LAMPIRAN L 3.3

TABEL ANALISA KOLOMI RCFM

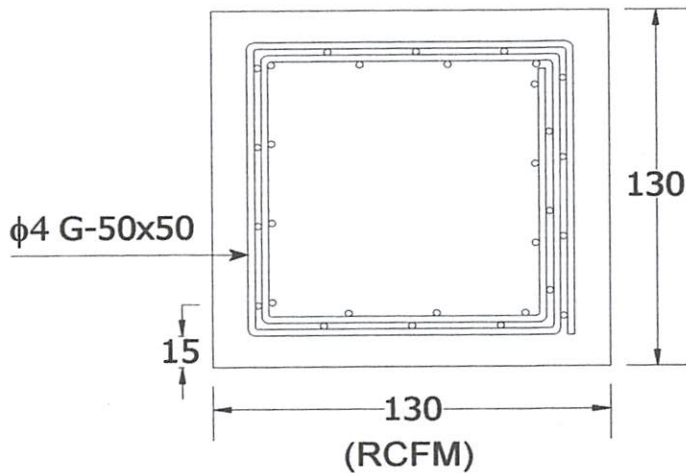
Kurva Regangan - Tegangan Kolom RCP



Gambar 3.5 Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom RCP

Analysis Teoritis Kolom Uji Terkekang Fine Mesh, kolom (RCFM)

Perhitungan analisis kolom dengan pengekanan *Fine Mesh* menggunakan Rumus Paulay dan Priestley



Gambar3.6 Penampang Kolom Dengan Pengekangan Fine Mesh (RCFM)

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

parameter kolom yang terkekang adalah :

$$h_c = 130 - 15 - 15 - 4 = 96 \text{ mm}$$

$$h_c = 130 - 15 - 15 = 100 \text{ mm}$$

asio tulangan *Fine Mesh*

$$\rho_{Ash} = \frac{A_s}{h_c^2} \left(\frac{4}{x} \times \frac{h_c}{s} \right)$$

$$\rho_{As-x} = \left(\frac{5}{50} \times \frac{0,5}{x} \right) \times \frac{12,571}{96} = 0,00655$$

$$\rho_{As-y} = \left(\frac{4}{50} \times \frac{0,5}{x} \right) \times \frac{12,571}{100} = 0,00503$$

$$\rho_s = \frac{\rho_{As-x} + \rho_{As-y}}{2}$$

$$\rho_s = \frac{0,00655 + 0,00503}{2} = 0,0058$$

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

$$K = 1 + \left(2,1 \times 0,00579 \right) \times \left(\frac{470,00}{17,97} \right)$$

$$= 1,3104$$

$$f'_{cc} = K \times f'_c$$

$$f'_{cc} = 1,3104 \times 17,97$$

$$= 23,54 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + \left[5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \right\} \tag{2.15}$$

$$\epsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + \left[5 \times \left(\frac{23,544}{17,97} - 1 \right) \right] \right\}$$

$$= 0,0051$$

$$\epsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \rho_s f_{yfm} \left(\frac{\epsilon_{sm}}{f'_{cc}} \right) \tag{2.16}$$

$$\epsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,0058 \times 470,00 \left(\frac{0,15}{23,5438} \right)$$

$$= 0,02826$$

$$E_{scc} = \frac{f'_{cc}}{\epsilon'_{cc}} \quad (2.14)$$

$$E_{scc} = \frac{23,5438298}{0,00510393} = 4612,883214$$

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

$$r = \frac{19922,12413}{19922 - 4612,8832} = 1,30131365$$

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_{cc}}$$

$$x = \frac{0,00510393}{0,00510393} = 1$$

$$f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times x \times r}{r - 1 + x^r} \quad (2.11)$$

$$f_c = \frac{23,5438 \times 1 \times 1 \times 1,3013}{1,30131 - 1 + 1^{1,30131365}} = 23,5438 \text{ Mpa}$$

beban maksimum kolom RCFM adalah

$$P_{max} = f'_{cc} \times \left[A_g - A_{sfm} \right] + \left[A_{sfm} \times f_{yfm} \right]$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 130 \times 130 \\ &= 16900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sfm} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 4^2 \times 25 \\ &= 314,29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{max} &= f'_{cc} \times \left[A_g - A_{sfm} \right] + \left[A_{sfm} \times f_{yfm} \right] \\ &= 23,5438 \times \left\{ 16900 - 314,286 \right\} + \left\{ 314,29 \times 470 \right\} \\ &= 538205,52 \text{ N} = \left\{ 53,82055193 \text{ ton} \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{ccj} &= \frac{1,2 \times \left(\left[\frac{5 \times f'_{cc}}{E_c} \right] - \left[4 \times \frac{f'_{cc}}{E_c} \right] \right)}{\left(\left[\frac{5 \times 23,5438}{19922,12413} \right] - \left[4 \times \frac{23,5438}{19922,12413} \right] \right)} \\ &= 0,00138 \end{aligned}$$

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

$$E_{sccj} = \frac{23,54383}{0,0014} = 17027,45652$$

$$rj = \frac{E_c}{E_c - E_{sccj}}$$

$$rj = \frac{19922,12413}{19922,1 - 17027,45652} = 6,88235$$

$$\rho_{cfpr} = \frac{4 \times 0,13}{130} = 0,00400$$

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

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

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

Tabel 3.3 Analisis Teoritis Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton (RCFM)

No	ϵ'_{cc}	x	f'_{cc} (Mpa)
1	2	3	4
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0001	0,1000	2,7546
3	0,0003	0,2000	5,5092
4	0,0004	0,3000	8,2635
5	0,0006	0,4000	11,0151
6	0,0007	0,5000	13,7533
7	0,0008	0,6000	16,4447
8	0,0010	0,7000	19,0049
9	0,0011	0,8000	21,2589
10	0,0012	0,9000	22,9059
11	0,0014	1,0000	23,5438
12	0,0023	1,6955	23,1907
13	0,0033	2,3911	22,8428
14	0,0043	3,0866	22,5002
15	0,0052	3,7822	22,1627
16	0,0062	4,4777	21,8302
17	0,0072	5,1733	21,5028
18	0,0081	5,8688	21,1802
19	0,0091	6,5644	20,8625
20	0,0100	7,2599	20,5496
21	0,0110	7,9555	20,2413

LAMPIRAN L 3.4

TABEL ANALISA KOLOMI RCS

keterangan, pengisian kolom pada Tabel 3.3

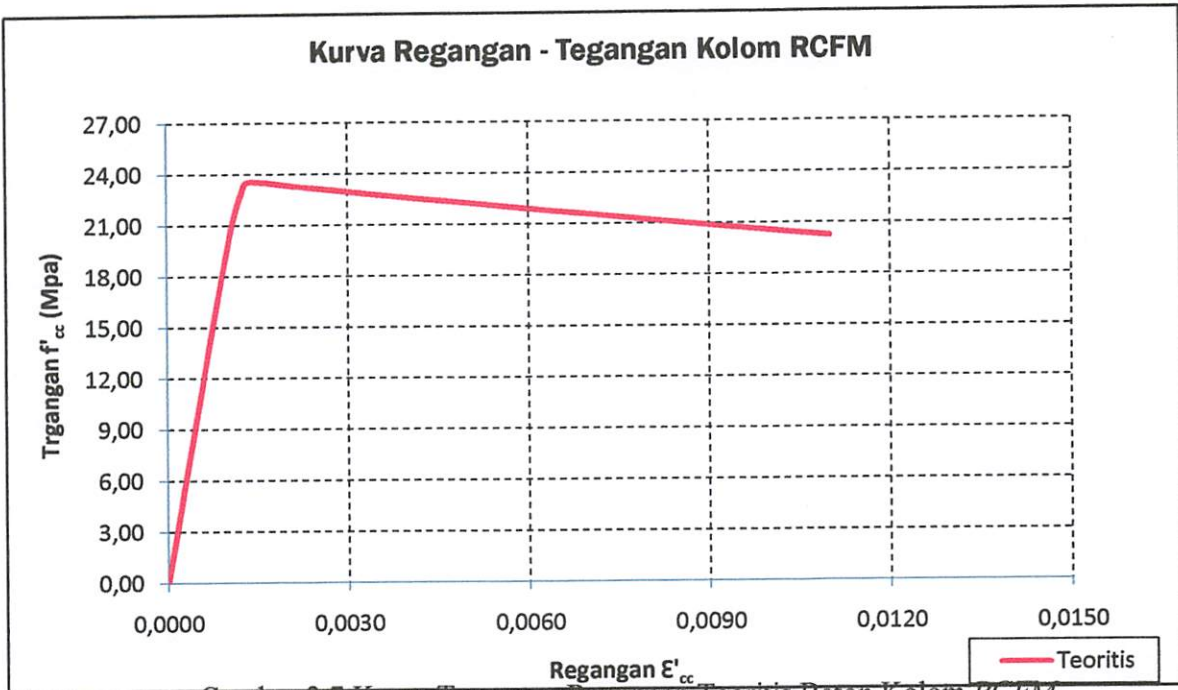
warna **biru** : kolom mengalami tegangan dan regangan puncak $(f'_{cc}, \epsilon'_{cc})$
 warna **merah** : kolom mengalami regangan dan regangan ultimit (f_{cu}, ϵ_{cu})

Kolom 1 : Nomor

Kolom 2 : $\epsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + \left[5 \times \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \right\}$ (2.15)

Kolom 3 : $x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_{cc}}$ (2.12)

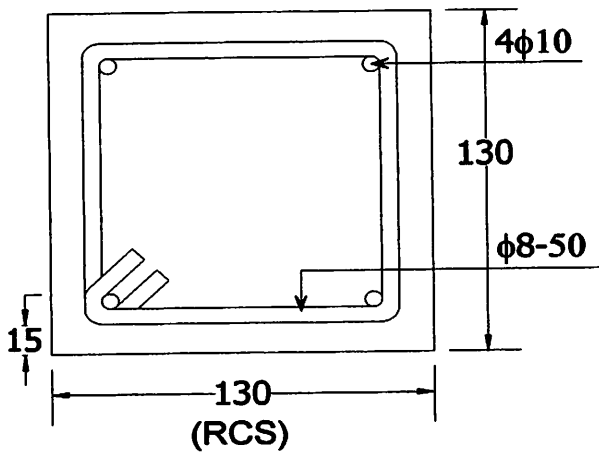
Kolom 4 : $f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times x \times r}{r - 1 + x^2}$ (2.11)



Gambar 3.7 Kurva Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom RCFM

0. Analisis Teoritis Balok Uji konfaimen konvensional kolom (RCS)

Kapasitas penampang kolom terkekang tanpa fine mesh (RCS) Berdasarkan SNI 2847-03-2002 asal 23.4.(4(1))Penentuan kurva tegangan-regangan kolom dengan pengekekangan konvensional menggunakan Rumus Paulay dan Priestley.Menggunakan 2 f10-60 .



Gambar 3.8 Penampang Kolom Dengan Pengekangan Senggang Konvensional (RCS).

$$\begin{aligned}
 A_s &= 1/4 \times \pi \times D_1^2 \\
 &= 1/4 \times \pi \times 7,2^2 \\
 &= 40,731 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$\begin{aligned}
 h_c &= 130 - 15 - 15 = 100 \text{ mm} \\
 h_c &= 130 - 15 - 15 = 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

asio tulangan konfaimen Ash

$$\rho_{Ash} = \frac{A_s \times 4 \times h_c}{h_c^2 \left[\frac{x}{s} \right]}$$

$$\rho_{As-x} = \frac{4 \times 0,5 \times 40,73 \times 100}{\left[\frac{50}{x} \right] \times 100^2} = 0,01629$$

$$\rho_{As-y} = \frac{4 \times 0,5 \times 40,73 \times 100}{\left[\frac{50}{x} \right] \times 100^2} = 0,01629$$

$$\rho_s = \frac{\rho_{As-x} + \rho_{As-y}}{2}$$

$$\rho_s = \frac{0,0163 + 0,0163}{2} = 0,0163$$

$$K = 1 + \left[2,1 \times \rho_s \right] \times \left[\frac{f_{yh}}{f_c} \right] \quad (2.10)$$

$$K = 1 + 2,1 \times 0,01629 \times \frac{223,12}{17,97}$$

$$= 1,4148$$

$$f'_{cc} = K \times f'_c$$

$$= 1,4148 \times 17,97$$

$$= 25,419 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + 5 \times \left[\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right] \right\} \quad (2.15)$$

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + 5 \times \left[\frac{25,419}{17,97} - 1 \right] \right\}$$

$$= 0,0061$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \rho_s f_{yfm} \frac{\varepsilon_{sm}}{f'_{cc}} \quad (2.16)$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,01629 \times 223,12 \times \frac{0,15}{25,419}$$

$$= 0,034$$

$$\rho_{sc} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon'_{cc}} \quad (2.14)$$

$$\rho_{sc} = \frac{25,419157}{0,00614769} = 4134,748422$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sc}} \quad (2.13)$$

$$r = \frac{19922,1241}{19922,124 - 4134,7} = 1,26190$$

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon'_{cc}}$$

$$x = \frac{0,0061}{0,0061} = 1$$

$$f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times x \times r}{r - 1 + x^r} \quad (2.12)$$

$$f_c = \frac{25,419 \times 1 \times 1 \times 1,2619}{1,2619 - 1 + 1^{1,2619}} = 25,419 \text{ Mpa}$$

tekanan maksimum kolom RCS adalah

$$P_{max} = f'_{cc} \times A_g - A_{stfm} + A_{stfm} \times f_{yfm}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= b \times h \\
 &= 130 \times 130 \\
 &= 16900 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{stfm} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \times n \\
 &= 0,25 \times \pi \times 7,2^2 \times 4 \\
 &= 162,93 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{max} &= f'_{cc} \times A_g - A_{stfm} + A_{stfm} \times f_{yfm} \\
 &= 25,4192 \times \left\{ \begin{array}{l} 16900 \\ N \end{array} - 162,926 \right\} + \left\{ \begin{array}{l} 162,93 \\ x \end{array} \times 223,12 \right\} \\
 &= 461794,30 \left\{ \begin{array}{l} \\ N = 46,17943044 \end{array} \right\} \text{ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_{ccj} &= \frac{1,2 \times 5 \times f'_{cc} - 4 \times f'_{cc}}{\left[\frac{E_c}{19922,12413} \right] \left[\frac{E_c}{25,41916} \right]} \\
 &= \frac{1,2 \times 5 \times 25,41916 - 4 \times 25,419}{\left[\frac{19922,12413}{19922,12413} \right] \left[\frac{25,419}{25,419} \right]} \\
 &= 0,00149
 \end{aligned}$$

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

$$E_{sccj} = \frac{25,4192}{0,00149} = 17027,45652$$

$$rj = \frac{E_c}{E_c - E_{sccj}}$$

$$rj = \frac{19922,12413}{19922,1241 - 17027,45652} = 6,8824$$

$$\rho_{efrp} = \frac{4 \times 0,13}{130} = 0,004000$$

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

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

Tabel 3.4 Analisis Teoritis Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton RCS.

No	ε'_{cc}	x	f'_{cc} (Mpa)
1	2	3	4
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0001	0,1000	2,9740
3	0,0003	0,2000	5,9481
4	0,0004	0,3000	8,9217
5	0,0006	0,4000	11,8925
6	0,0007	0,5000	14,8488
7	0,0009	0,6000	17,7545
8	0,0010	0,7000	20,5187
9	0,0012	0,8000	22,9523
10	0,0013	0,9000	24,7304
11	0,0015	1,0000	25,4192
12	0,0024	1,6369	25,0379
13	0,0034	2,2737	24,6623
14	0,0043	2,9106	24,2924
15	0,0053	3,5474	23,9280
16	0,0062	4,1843	23,5691
17	0,0072	4,8211	23,2155
18	0,0081	5,4580	22,8673
19	0,0091	6,0948	22,5243
20	0,0100	6,7317	22,1864
21	0,0110	7,3685	21,8536

keterangan.pengisian kolom pada.Tabel 3.4

warna **hijau** : kolom pertama kali spalling

warna **biru** : kolom mengalami tegangan dan regangan puncak

warna **merah** : kolom mengalami regangan dan regangan ultimit

$(f'_{cc}, \varepsilon_{cc})$
 $(f'_{cu}, \varepsilon_{cu})$

Kolom 1 : Nomor

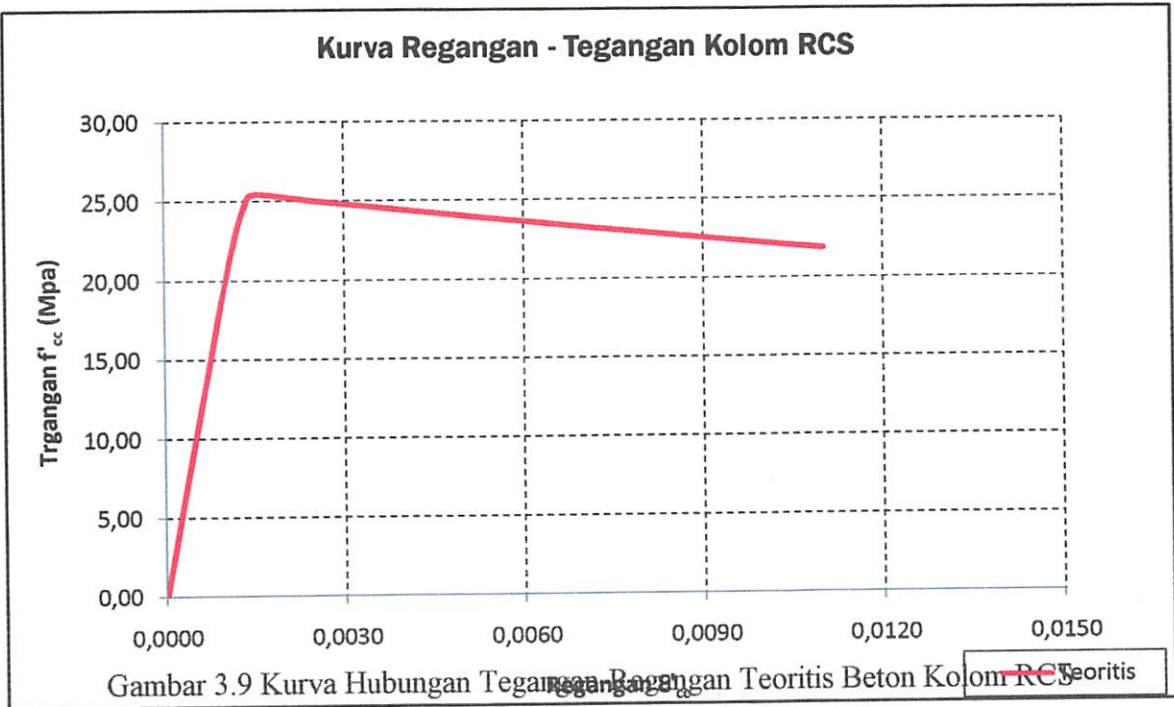
$$\text{Kolom 2 : } \varepsilon'_{cc} = 0,002 \times 1 + 5 \times \left\{ \left[\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right] \right\}$$

$$\text{Kolom 3 : } x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon'_{cc}}$$

$$\text{Kolom 4 : } f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times x \times r}{r - 1 + x^r}$$

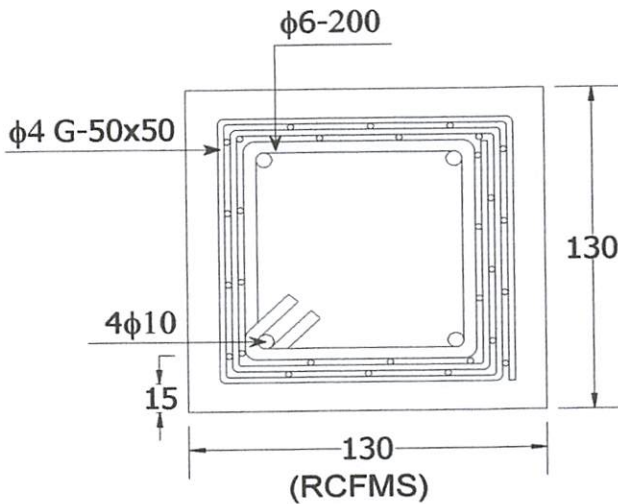
LAMPIRAN L 3.5

TABEL ANALISA KOLOMI RCFMS



Analisis Teoritis kolom Uji terkekang *Fine Mesh* dan konfaimen konvensional kolom (RCFMS).

Perhitungan analisis kolom dengan pengekanan *Fine Mesh* dan sengkang konvensional menggunakan Rumus Paulay dan Priestley.



Gambar3.10 Penampang Kolom Dengan Pengekanan Sengkang Konvensional (RCFMS).

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_2^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 5,6^2 \\
 &= 24,640 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

parameter kolom yang terkekang adalah :

$$h_{cfm} = 130 - 15 - 15 = 100 \text{ mm}$$

$$h_{ch} = 130 - 15 - 15 - 4 = 96 \text{ mm}$$

sehingga rasio tulangan Transversal kolom RCFMS adalah gabungan dari Rasio Fine Mesh dan tulangan konvensional

$$\rho_s = \left\{ \left[\frac{4 \times 1 \times A_{sfm} \times h_{cfm} \times \frac{h_{ch}}{s_{fm}}}{s \times h_{ch}^2} \right] + \left[\frac{4 \times 1 \times A_{sh} \times h_{ch}}{s \times h_{ch}^2} \right] \right\}$$

$$\rho_s = \left\{ \left[\frac{4 \times 1 \times 12,571 \times 100 \times \frac{96}{50}}{50 \times 96^2} \right] + \left[\frac{4 \times 1 \times 24,64 \times 96}{200 \times 96^2} \right] \right\}$$

$$= 0,01304286$$

$$K = 1 + 2 \times \rho_s \times \frac{f_{yh}}{f_c} \quad (2.10)$$

$$K = 1 + 2 \times 0,0130429 \times \frac{223,12}{17,97}$$

$$= 1,332$$

$$f'_{cc} = K \times f_c$$

$$f'_{cc} = 1,332 \times 17,97$$

$$= 23,933 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + 5 \times \left[\frac{f'_{cc}}{f_c} - 1 \right] \right\} \quad (2.15)$$

$$\epsilon'_{cc} = 0,002 \times \left\{ 1 + 5 \times \left[\frac{23,933}{17,97} - 1 \right] \right\}$$

$$= 0,0053$$

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

$$\epsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,01304 \times \frac{223,12 \times 0,15}{23,933}$$

$$= 0,0295$$

$$E_{scc} = \frac{f'_{cc}}{\epsilon'_{cc}} \quad (2.12)$$

$$E_{scc} = \frac{23,9327507}{0,00532039} = 4498,304773$$

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

$$r = \frac{19922,12413}{19922 - 4498,3048} = 1,29164662$$

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_{cc}}$$

$$x = \frac{0,00532039}{0,00532039} = 1$$

$$f_c = \frac{f'_{cc} \cdot x \cdot x \cdot r}{r - 1 + x^r} \quad (2.11)$$

$$f_c = \frac{23,933 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,291646619}{1,2916 - 1 + 1^{1,29164662}} = 23,933 \text{ Mpa}$$

Beban maksimum kolom *RCFMS* adalah

$$P_{max} = f'_{cc} \cdot A_g - A_{stfm} + A_{stfm} \cdot f_{yfm}$$

$$A_g = b \cdot h$$

$$= 130 \cdot 130$$

$$= 16900 \text{ mm}^2$$

$$A_{stfm} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot n$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 5,6^2 \cdot 4$$

$$= 98,56 \text{ mm}^2$$

$$P_{max} = f'_{cc} \cdot A_g - A_{stfm} + A_{stfm} \cdot f_{yfm}$$

$$= 23,9328 \cdot 16900 - 98,56 + 98,56 \cdot 223,12$$

$$= 424095,88 \text{ N} = 42,409588 \text{ ton}$$

$$\epsilon_{ccj} = \frac{1,2 \cdot 5 \cdot f'_{cc} - 4 \cdot f'_{cc}}{\left(\frac{E_c}{5 \cdot 24} \right) - \left(\frac{4 \cdot 24}{19922,1241} \right)}$$

$$= 0,00141 \left(\left(\frac{19922,1241}{5 \cdot 24} \right) - \left(\frac{4 \cdot 24}{19922,1241} \right) \right)$$

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

$$E_{sccj} = \frac{23,9328}{0,00141} = 17027,45652$$

$$r_j = \frac{E_c}{E_c - E_{sccj}}$$

$$r_j = \frac{19922,1241}{19922,1 - 17027,45652} = 6,88235$$

$$\rho_{cfrr} = \frac{4 \times 0,13}{130} = 0,0040$$

$$f_{ju} = 0,011 \times E_{\text{beton}} = 0,011 \times 230000 = 2530 \text{ Mpa}$$

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

Tabel 3.5 Analisis Teoritis Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton RCFMS.

No	ε'_{cc}	x	f_{cc} (Mpa)
1	2	3	4
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0001	0,1000	2,8001
3	0,0003	0,2000	5,6002
4	0,0004	0,3000	8,4000
5	0,0006	0,4000	11,1971
6	0,0007	0,5000	13,9805
7	0,0008	0,6000	16,7163
8	0,0010	0,7000	19,3189
9	0,0011	0,8000	21,6101
10	0,0013	0,9000	23,2843
11	0,0014	1,0000	23,9328
12	0,0024	1,6826	23,5738
13	0,0033	2,3652	23,2202
14	0,0043	3,0479	22,8719
15	0,0052	3,7305	22,5288
16	0,0062	4,4131	22,1908
17	0,0072	5,0957	21,8580
18	0,0081	5,7783	21,5301
19	0,0091	6,4609	21,2072
20	0,0100	7,1436	20,8891
21	0,0110	7,8262	20,5757

keterangan. pengisian kolom pada Tabel 3.5

warna **hijau** : kolom pertama kali spalling

warna **biru** : kolom mengalami tegangan dan regangan puncak

warna **merah** : kolom mengalami regangan dan regangan ultimit

$(f_{cc}, \varepsilon_{cc})$
 $(f_{cu}, \varepsilon_{cu})$

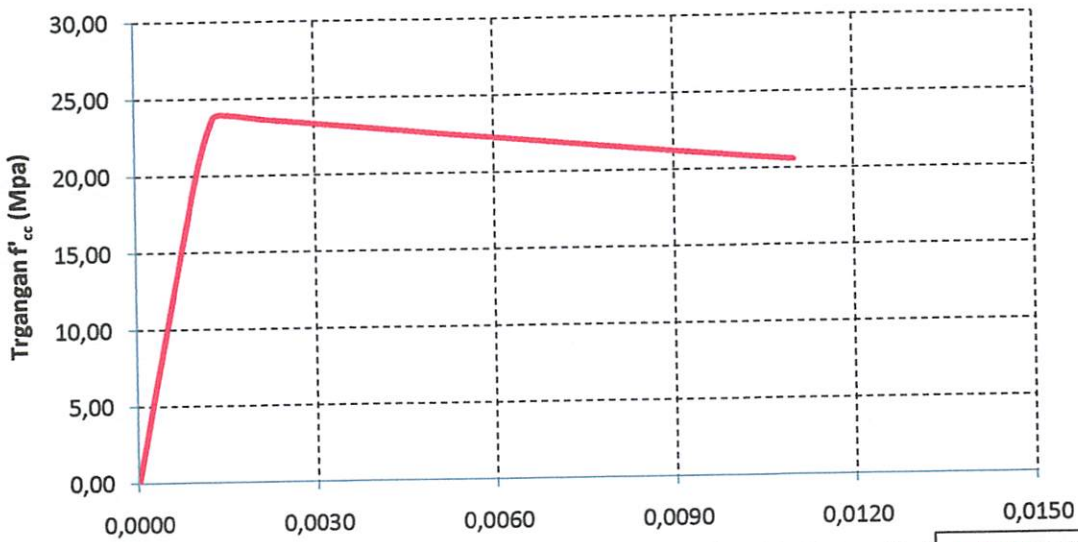
Kolom 1 : Nomor

$$\text{Kolom 2 : } \epsilon'_{cc} = 0,002 \times 1 + 5 \times \left\{ \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right\}$$

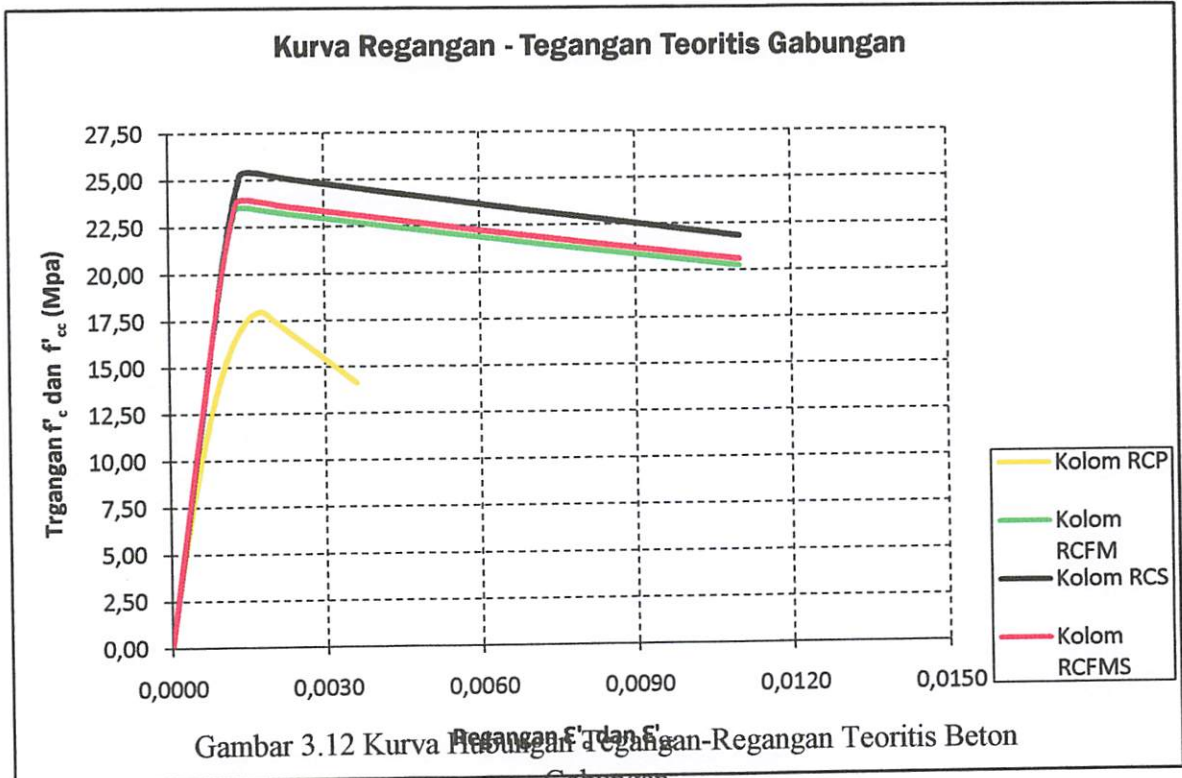
$$\text{Kolom 3 : } x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_{cc}}$$

$$\text{Kolom 4 : } f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times x \times r}{r - 1 + x^r}$$

Kurva Regangan - Tegangan Kolom RCFMS



Gambar 3.11. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Teoritis Beton Kolom RCFMS



Tabel 3.5 Perhitungan Analisis

$$f'_{cc}, \epsilon'_{cc}, \epsilon_{cu}$$

Kolom	ρ_s	f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ_{cu}	P max
RCP	0	17,97	0,0018037	0,00380	30,364
RCS	0,0163	25,419	0,0061477	0,034032	46,179
RCFM	0,0058	23,544	0,0051039	0,028265	53,821
RCFMS	0,013	23,933	0,0053204	0,029535	42,41

HASIL EKSPERIMEN

PENGAMATAN

LAMPIRAN L IV

PENGEKANGAN KOLOM

DAN

PERHITUNGAN LUAS TULANGAN LONGITUDIONAL

LAMPIRAN 1.4.1

Tabel 4.1 Perhitungan Luas Tulangan Longitudinal dan Pengekangan Kolom.

Kode Kolom	Ag (mm) ²	A.Tot (mm) ²	ρ %	fc' (MPa)	fy (MPa)	FM (Lyr)	f _{cf} (MPa)	A _s FM	A _{sh} (mm ²)	ρ _s
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RCP	16900	-	-	17,967	-	0	-	-	-	0
RCS	16900	17022,193	1,2	17,967	356,192	0	-	-	162,9	0.0163
RCFM	16900	16912,571	-	17,967	-	2	498,68	12,57	-	0.0058
RCFMS(A) dan RCFMS(A)	16900	17022,193	1,2	17,967	342,98	2	498,68	12,57	98,56	0.013

Keterangan Tabel 4.2;

- 1) nomor kolom
- 2) kode kolom
- 3) luas penampang kolom
- 4) luas penampang total (A_{tot})

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$A_{tot.} = (A_g - A_{s,tot}) + (n \times A_{s,tot})$$

- 5) rasio tulangan longitudinal kolom
- 6) kuat tekan beton
- 7) tegangan leleh baja
- 8) jumlah layer *fine mesh*
- 9) tegangan leleh *fine mesh*
- 10) luas tulangan *fine mesh* terpakai
- 11) luas tulangan a_{sh} terpakai
- 12) rasio tulangan ρ_s

LAMPIRAN L 4.2

PERHITUNGAN TEORITIS

KUAT TEKAN BETON

REGANGAN DAN TEGANGAN BETON

Code Kolom	ρ_s	f'_{cc} (MPa)	ϵ'_{cc}	ϵ_{cu}	P max
RCP	0	17,97	0,001804	0,00380	30,36
RCS	0,0163	25,419	0,006148	0,034032	46,18
RCFM	0,0058	23,544	0,005104	0,028265	53,82
RCFMS	0,0130	23,933	0,00532	0,029535	42,41

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

LAMPIRAN L 4.3

HASIL EKSPERIMENTAL

No	Kode Kolom	ρ_s	f'cc MPa	ϵ_c	ϵ_{cu}	Kenaikan(%)		
						fcc	ϵ_c	ϵ_u
1	RCP	0	17,97	0,00180	0,00380	0	0	0
2	RCS	0.0163	25,42	0,00615	0,03403	29,31709	70,66015	88,83408
3	RCFM	0.0058	23,54	0,00510	0,02826	-7,96526	-20,4502	-20,4049
4	RCFMS	0.0130	23,93	0,00532	0,02954	1,625057	4,068572	4,301242

LAMPIRAN L 4.4

PERBANDINGAN DATA

HASIL HIPOTESA TEORITIS DAN EKSPERIMENTAL

No.	Kode Kolom	ρ_s	Teoritis			Eksperimental		
			f_{cc}	ε_{cc}	ε_{cu}	f'_{cc}	ε_{cc}	ε_{cu}
1	RCP	-	17,97	0,00180	0,00380	16,80	0,00231	0,00370
2	RCS	0,0163	25,42	0,00615	0,03403	21,89	0,00280	0,00957
3	RCFM	-	23,54	0,00510	0,02826	20,12	0,00270	0,00908
4	RCFMS	0,0130	23,93	0,00532	0,02954	20,36	0,00258	0,00906

LAMPIRAN L 4.5

GRAFIK EKSPERIMENTAL RCP

TABEL L4.5-A

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON POLOS (RCP-1)

P (ton)	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
1	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	16900	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	16900	0,59172	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	1	2	260	16900	1,18343	0,00004	0,00008	5,77E-05
3	3	3	260	16900	1,77515	0,00012	0,00012	1,15E-04
4	3	4	260	16900	2,36686	0,00012	0,00015	1,35E-04
5	5	5	260	16900	2,95858	0,00019	0,00019	1,92E-04
6	6	7	260	16900	3,55030	0,00023	0,00027	2,50E-04
7	8	9	260	16900	4,14201	0,00031	0,00035	3,27E-04
8	9	10	260	16900	4,73373	0,00035	0,00038	3,65E-04
9	11	12	260	16900	5,32544	0,00042	0,00046	4,42E-04
10	13	14	260	16900	5,91716	0,00050	0,00054	5,19E-04
11	14	15	260	16900	6,50888	0,00054	0,00058	5,58E-04
12	15	16	260	16900	7,10059	0,00058	0,00062	5,96E-04
13	17	17	260	16900	7,69231	0,00065	0,00065	6,54E-04
14	18	18	260	16900	8,28402	0,00069	0,00069	6,92E-04
15	19	20	260	16900	8,87574	0,00073	0,00077	7,50E-04
16	20	22	260	16900	9,46746	0,00077	0,00085	8,08E-04
17	22	24	260	16900	10,05917	0,00085	0,00092	8,85E-04
18	25	25	260	16900	10,65089	0,00096	0,00096	9,62E-04
19	26	27	260	16900	11,24260	0,00100	0,00104	1,02E-03
20	28	29	260	16900	11,83432	0,00108	0,00112	1,10E-03
21	31	32	260	16900	12,42604	0,00119	0,00123	1,21E-03
22	32	34	260	16900	13,01775	0,00123	0,00131	1,27E-03
23	34	35	260	16900	13,60947	0,00131	0,00135	1,33E-03
24	35	36	260	16900	14,20118	0,00135	0,00138	1,37E-03
25	37	38	260	16900	14,79290	0,00142	0,00146	1,44E-03
26	39	40	260	16900	15,38462	0,00150	0,00154	1,52E-03
27	42	45	260	16900	15,97633	0,00162	0,00173	1,67E-03
28	47	49	260	16900	16,56805	0,00181	0,00188	1,85E-03
28,5	61	59	260	16900	16,86391	0,00235	0,00227	2,31E-03
26	73	69	260	16900	15,38462	0,00281	0,00265	2,73E-03
24	78	78	260	16900	14,20118	0,00300	0,00300	3,00E-03
22	85	86	260	16900	13,01775	0,00327	0,00331	3,29E-03
21	88	89	260	16900	12,42604	0,00338	0,00342	3,40E-03
19	93	94	260	16900	11,24260	0,00358	0,00362	3,60E-03
17	97	96	260	16900	10,05917	0,00373	0,00369	3,71E-03

eterangan 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

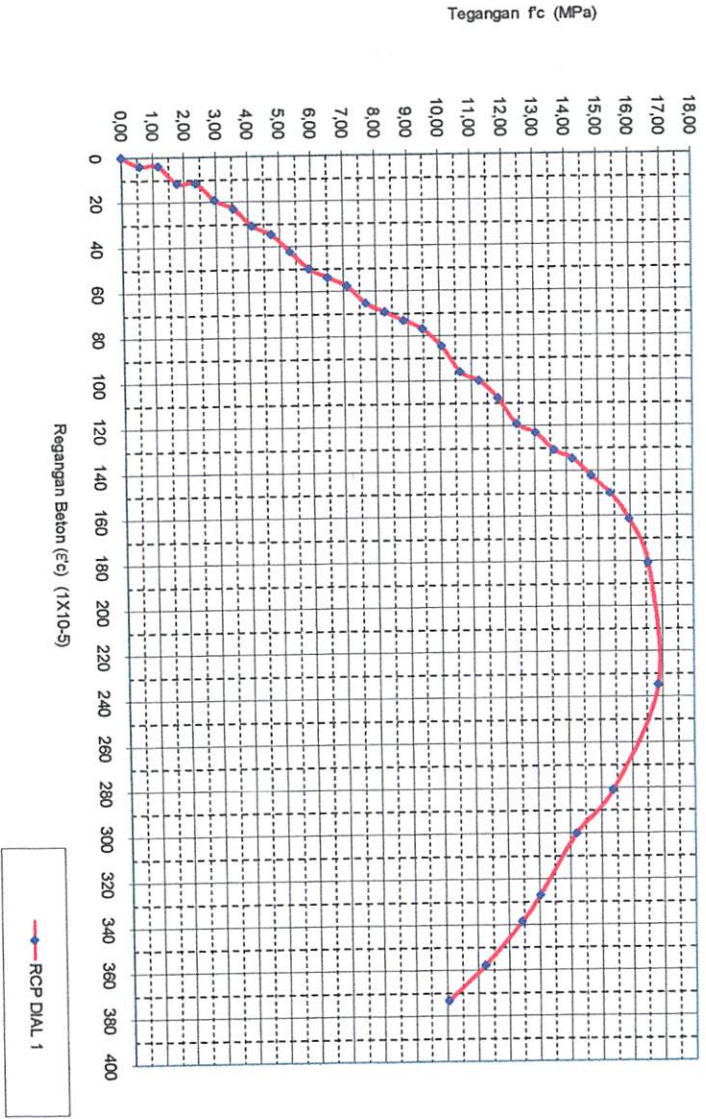
- 6 = Kuat Tekan Beton
- 7 = Regangan beton pada DIAL1
- 8 = Regangan beton pada DIAL 2
- 9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

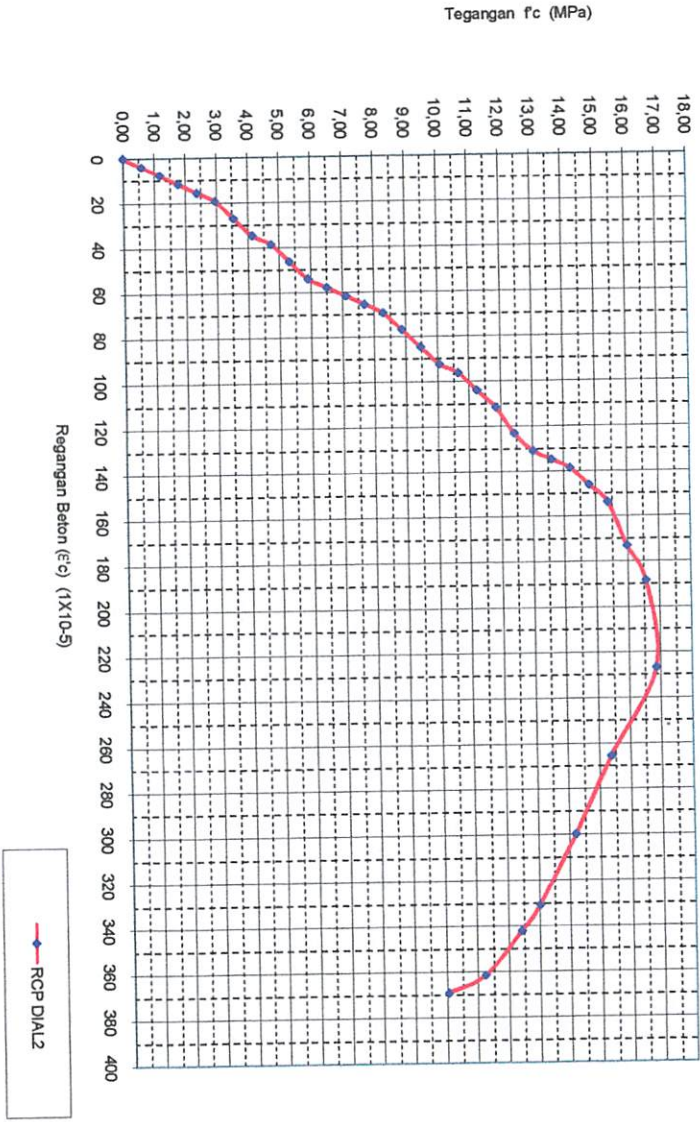
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

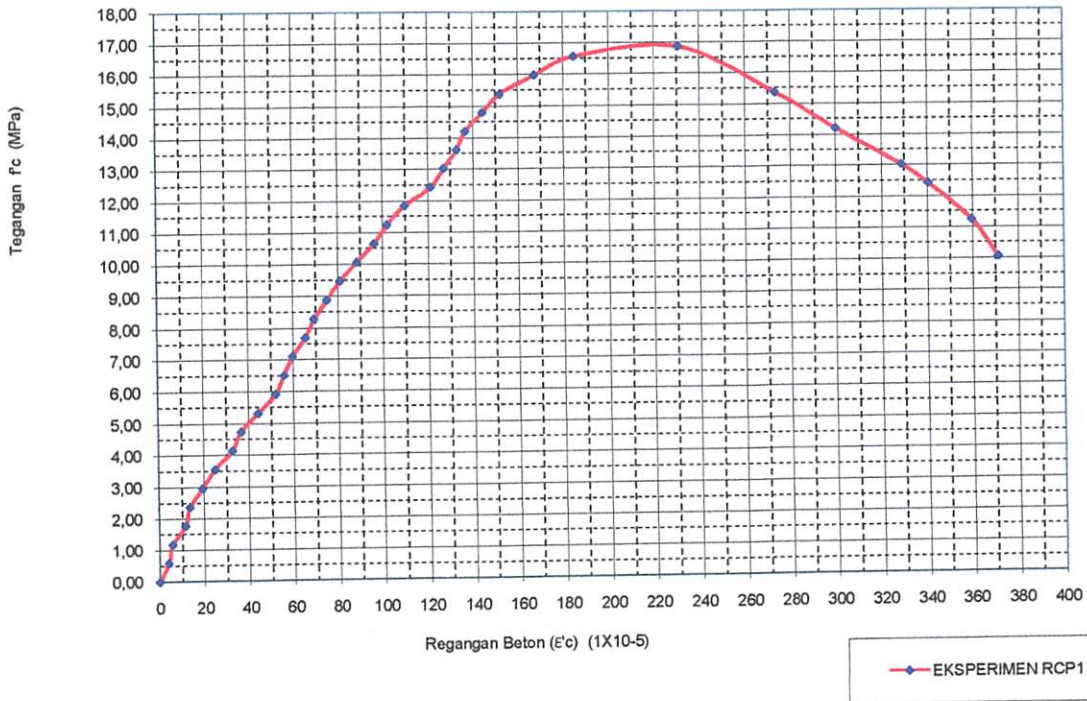
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCP1 DIAL 1



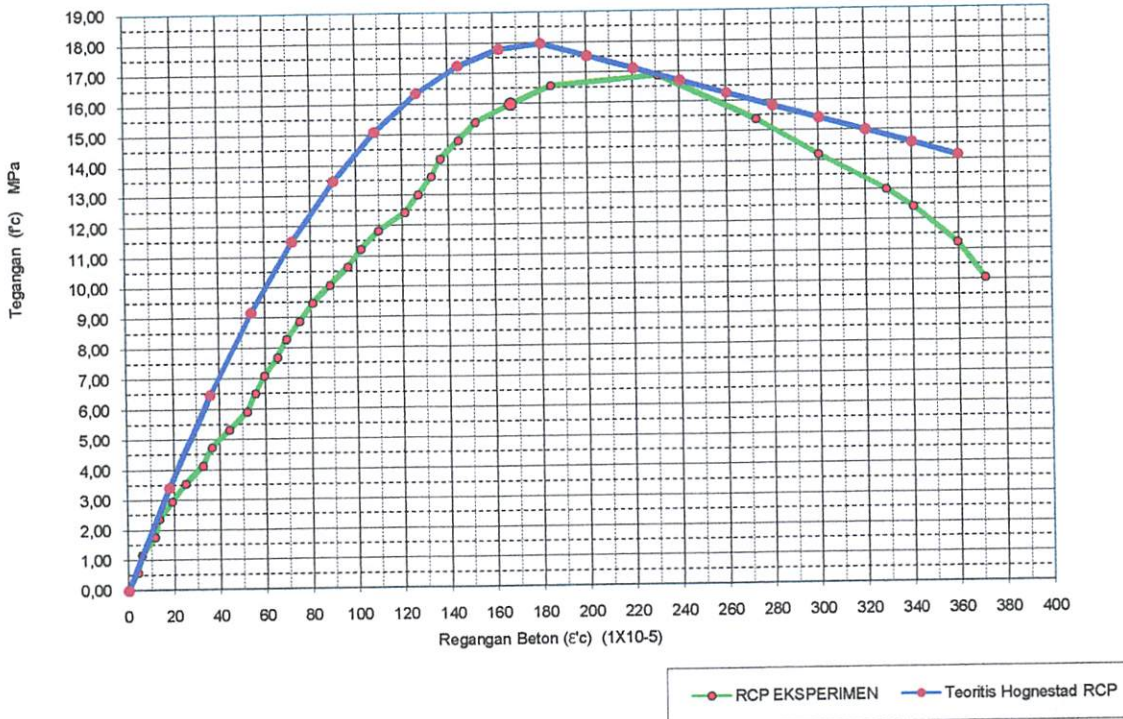
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCP1 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCP1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton Polos (RCP1)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL L4.5-B

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON POLOS (RCP-2)

P (ton)	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
1	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	16900	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	16900	0,59172	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	3	260	16900	1,18343	0,00008	0,00012	9,62E-05
3	2	4	260	16900	1,77515	0,00008	0,00015	1,15E-04
4	3	4	260	16900	2,36686	0,00012	0,00015	1,35E-04
5	5	5	260	16900	2,95858	0,00019	0,00019	1,92E-04
6	6	7	260	16900	3,55030	0,00023	0,00027	2,50E-04
7	8	9	260	16900	4,14201	0,00031	0,00035	3,27E-04
8	9	10	260	16900	4,73373	0,00035	0,00038	3,65E-04
9	11	12	260	16900	5,32544	0,00042	0,00046	4,42E-04
10	13	13	260	16900	5,91716	0,00050	0,00050	0,0005
11	14	15	260	16900	6,50888	0,00054	0,00058	5,58E-04
12	15	16	260	16900	7,10059	0,00058	0,00062	5,96E-04
13	17	17	260	16900	7,69231	0,00065	0,00065	6,54E-04
14	18	18	260	16900	8,28402	0,00069	0,00069	6,92E-04
15	19	20	260	16900	8,87574	0,00073	0,00077	7,50E-04
16	20	22	260	16900	9,46746	0,00077	0,00085	8,08E-04
17	22	24	260	16900	10,05917	0,00085	0,00092	8,85E-04
18	25	25	260	16900	10,65089	0,00096	0,00096	9,62E-04
19	26	27	260	16900	11,24260	0,00100	0,00104	1,02E-03
20	28	29	260	16900	11,83432	0,00108	0,00112	1,10E-03
21	31	32	260	16900	12,42604	0,00119	0,00123	1,21E-03
22	32	34	260	16900	13,01775	0,00123	0,00131	1,27E-03
23	34	35	260	16900	13,60947	0,00131	0,00135	1,33E-03
24	36	36	260	16900	14,20118	0,00138	0,00138	1,38E-03
25	37	38	260	16900	14,79290	0,00142	0,00146	1,44E-03
26	39	41	260	16900	15,38462	0,00150	0,00158	1,54E-03
27	42	45	260	16900	15,97633	0,00162	0,00173	1,67E-03
28	47	49	260	16900	16,56805	0,00181	0,00188	1,85E-03
28,3	61	59	260	16900	16,74556	0,00235	0,00227	2,31E-03
28	73	69	260	16900	16,56805	0,00281	0,00265	2,73E-03
25	79	81	260	16900	14,79290	0,00304	0,00312	3,08E-03
22	85	86	260	16900	13,01775	0,00327	0,00331	3,29E-03
21	88	89	260	16900	12,42604	0,00338	0,00342	3,40E-03
19	93	94	260	16900	11,24260	0,00358	0,00362	3,60E-03
17	95	97	260	16900	10,05917	0,00365	0,00373	3,69E-03

Peterangan Kolom :

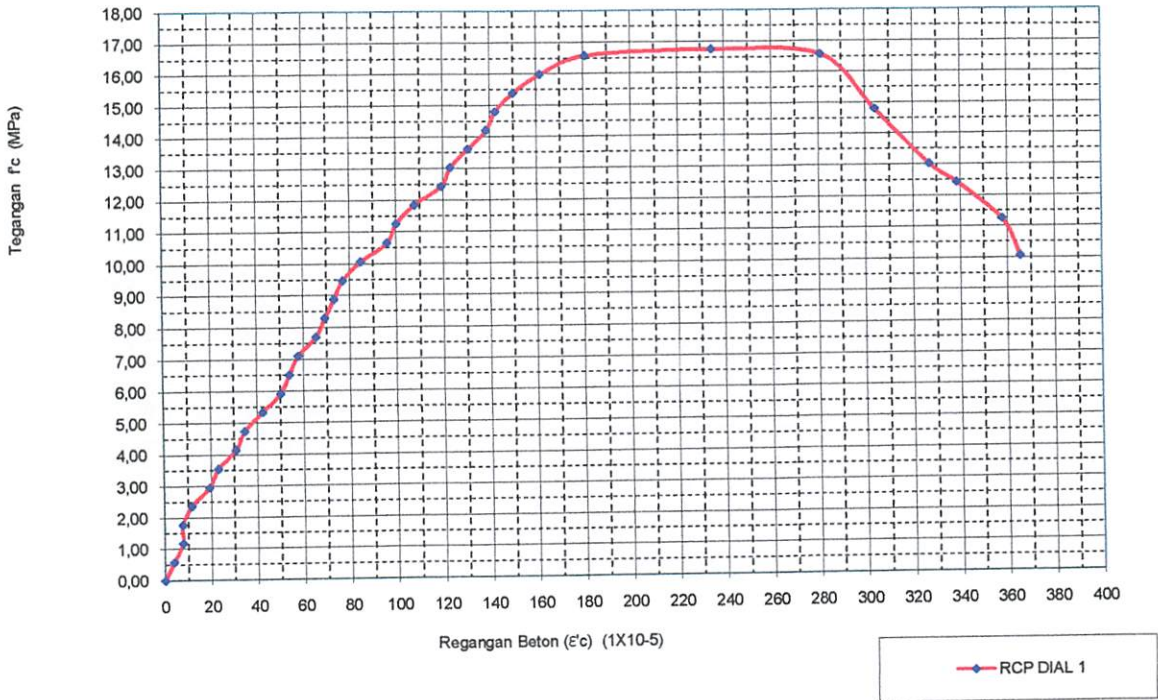
- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada DIAL 1
- 3 = Displacement pada DIAL 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan
- 5 = Luas penampang beton
- 6 = Kuat Tekan Beton
- 7 = Regangan beton pada DIAL1
- 8 = Regangan beton pada DIAL 2
- 9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

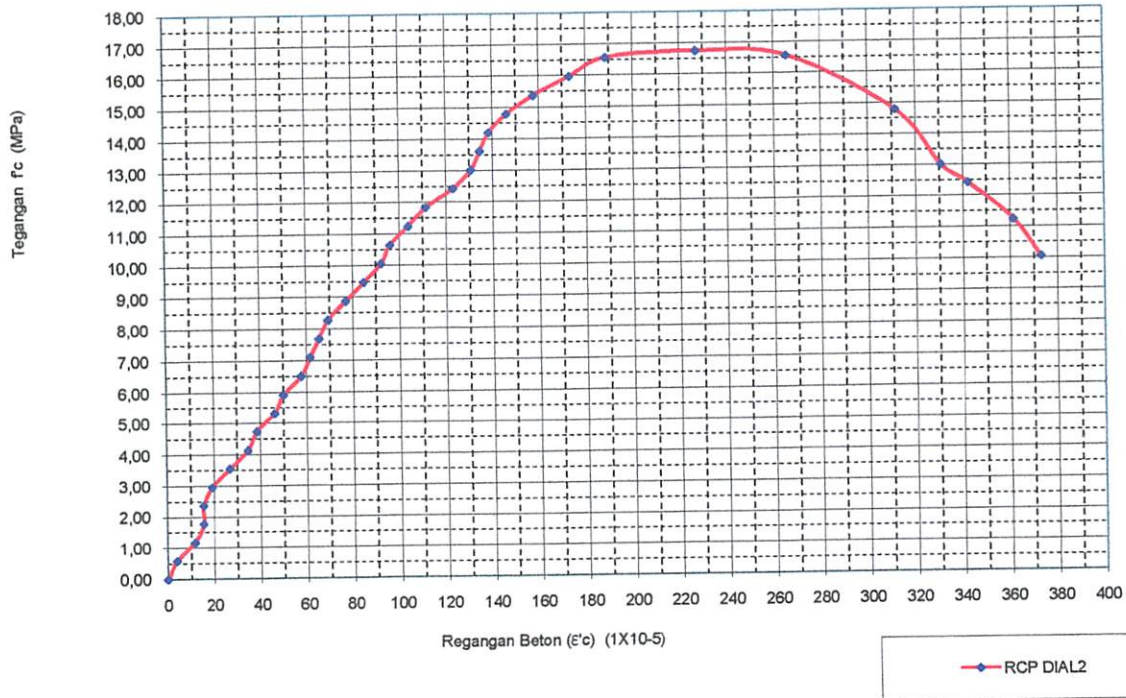
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

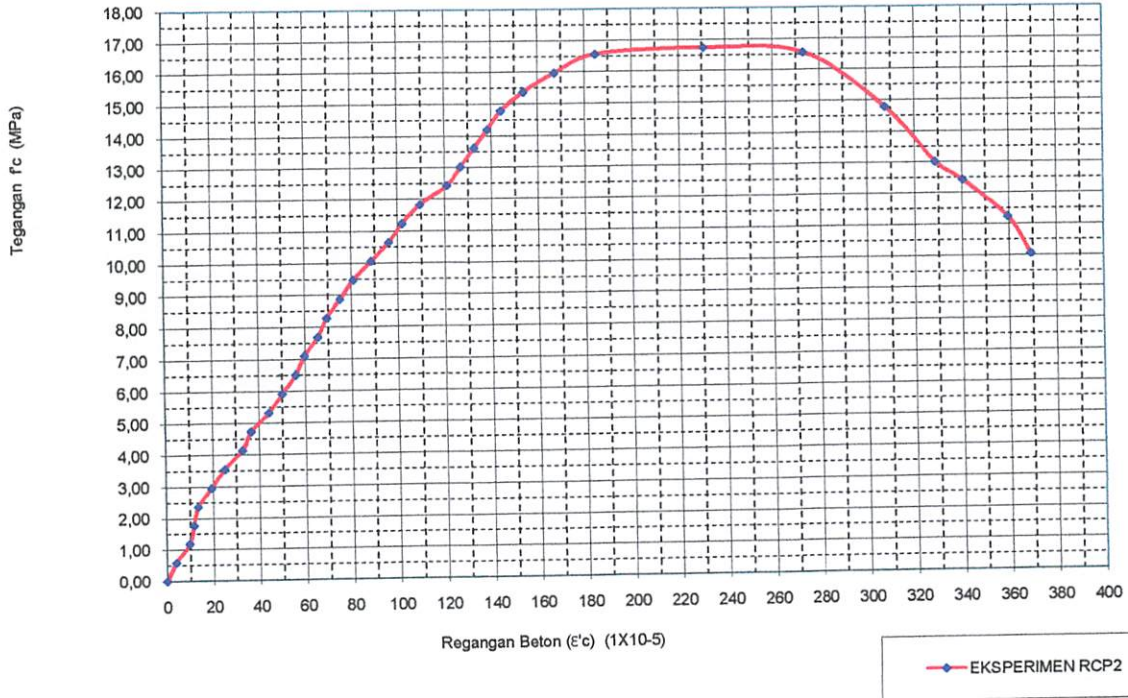
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCP2 DIAL 1



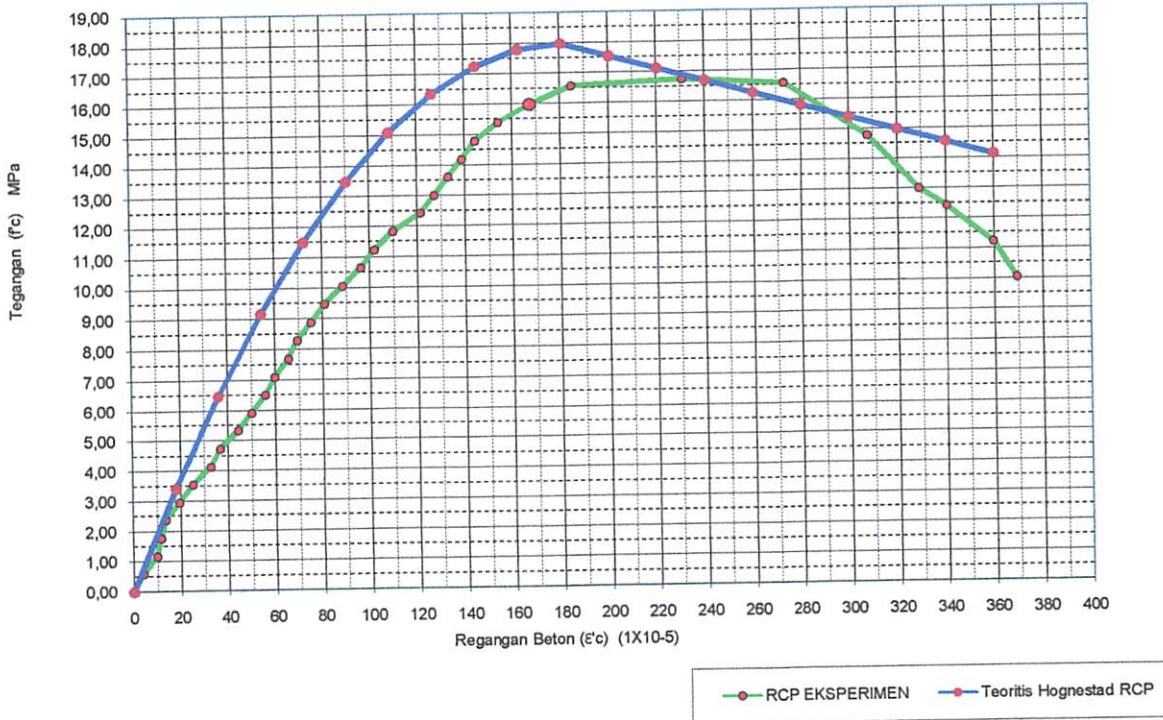
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCP1 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCP1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton Polos (RCP1)
Analisis Teoritis dan Eksperimen

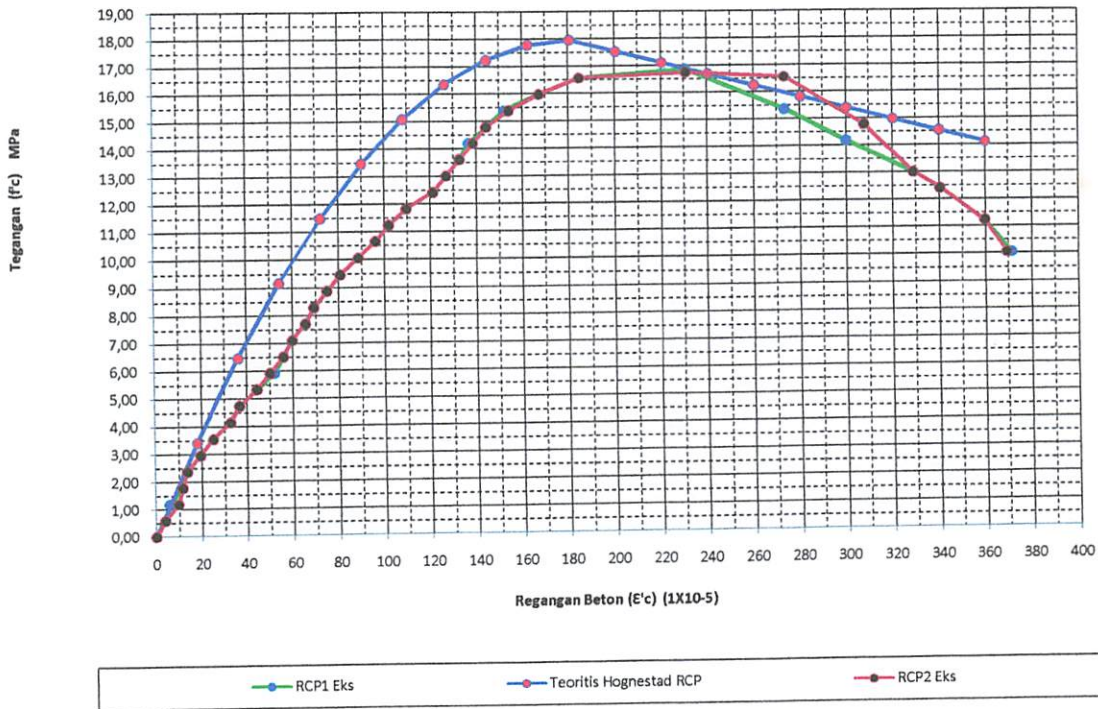


TABEL RATA-RATA RCP

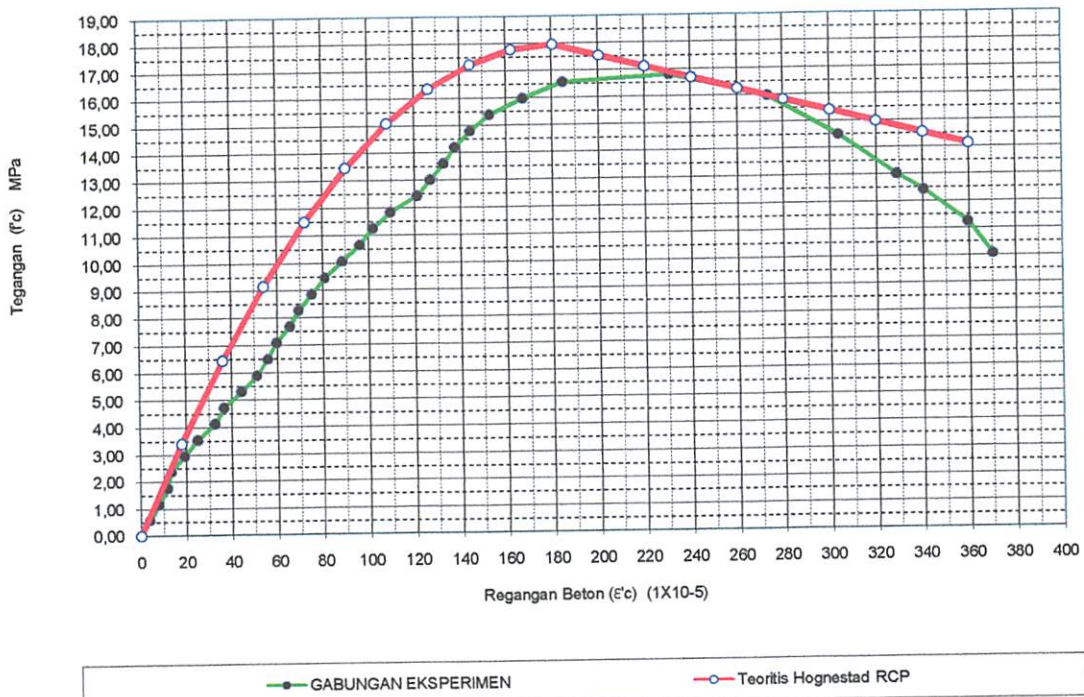
f_c (Mpa)	ϵ_c rata-rata
1	2
0,00000	0,0000000
0,59172	0,0000385
1,18343	0,0000769
1,77515	0,0001154
2,36686	0,0001346
2,95858	0,0001923
3,55030	0,0002500
4,14201	0,0003269
4,73373	0,0003654
5,32544	0,0004423
5,91716	0,0005096
6,50888	0,0005577
7,10059	0,0005962
7,69231	0,0006538
8,28402	0,0006923
8,87574	0,0007500
9,46746	0,0008077
10,05917	0,0008846
10,65089	0,0009615
11,24260	0,0010192
11,83432	0,0010962
12,42604	0,0012115
13,01775	0,0012692
13,60947	0,0013269
14,20118	0,0013750
14,79290	0,0014423
15,38462	0,0015288
15,97633	0,0016731
16,56805	0,0018462
16,80473	0,0023077
15,97633	0,0027308
14,49704	0,0030385
13,01775	0,0032885
12,42604	0,0034038
11,24260	0,0035962
10,05917	0,0037019

P Maks
28,40

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



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



LAMPIRAN L 4.6

GRAFIK EKSPERIMENTAL RCS

TABEL L4.6-A

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (RCS-1)

P (ton)	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
1	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	16900	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	16900	0,59172	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	2	260	16900	1,18343	0,00008	0,00008	7,69E-05
3	3	4	260	16900	1,77515	0,00012	0,00015	1,35E-04
4	5	5	260	16900	2,36686	0,00019	0,00019	1,92E-04
5	6	7	260	16900	2,95858	0,00023	0,00027	2,50E-04
6	8	8	260	16900	3,55030	0,00031	0,00031	3,08E-04
7	9	9	260	16900	4,14201	0,00035	0,00035	3,46E-04
8	11	12	260	16900	4,73373	0,00042	0,00046	4,42E-04
9	14	15	260	16900	5,32544	0,00054	0,00058	5,58E-04
10	17	18	260	16900	5,91716	0,00065	0,00069	6,73E-04
11	19	20	260	16900	6,50888	0,00073	0,00077	7,50E-04
12	21	22	260	16900	7,10059	0,00081	0,00085	8,27E-04
13	23	23	260	16900	7,69231	0,00088	0,00088	8,85E-04
14	25	26	260	16900	8,28402	0,00096	0,00100	9,81E-04
15	27	28	260	16900	8,87574	0,00104	0,00108	1,06E-03
16	29	31	260	16900	9,46746	0,00112	0,00119	1,15E-03
17	31	32	260	16900	10,05917	0,00119	0,00123	1,21E-03
18	33	34	260	16900	10,65089	0,00127	0,00131	1,29E-03
19	35	37	260	16900	11,24260	0,00135	0,00142	1,38E-03
20	38	39	260	16900	11,83432	0,00146	0,00150	1,48E-03
21	41	42	260	16900	12,42604	0,00158	0,00162	1,60E-03
22	43	44	260	16900	13,01775	0,00165	0,00169	1,67E-03
23	45	46	260	16900	13,60947	0,00173	0,00177	1,75E-03
24	47	48	260	16900	14,20118	0,00181	0,00185	1,83E-03
25	49	51	260	16900	14,79290	0,00188	0,00196	1,92E-03
26	52	52	260	16900	15,38462	0,00200	0,00200	2,00E-03
27	54	53	260	16900	15,97633	0,00208	0,00204	2,06E-03
28	54	54	260	16900	16,56805	0,00208	0,00208	2,08E-03
29	53	53	260	16900	17,15976	0,00204	0,00204	2,04E-03
30	54	54	260	16900	17,75148	0,00208	0,00208	2,08E-03
31	55	55	260	16900	18,34320	0,00212	0,00212	2,12E-03
32	56	56	260	16900	18,93491	0,00215	0,00215	2,15E-03
33	58	57	260	16900	19,52663	0,00223	0,00219	2,21E-03
34	59	59	260	16900	20,11834	0,00227	0,00227	2,27E-03
35	58	58	260	16900	20,71006	0,00223	0,00223	2,23E-03
36	59	59	260	16900	21,30178	0,00227	0,00227	2,27E-03
37	61	63	260	16900	21,89349	0,00235	0,00242	2,38E-03
38	70	73	260	16900	22,48521	0,00269	0,00281	2,75E-03
37	93	91	260	16900	21,89349	0,00358	0,00350	3,54E-03
34	110	109	260	16900	20,11834	0,00423	0,00419	4,21E-03
32	140	139	260	16900	18,93491	0,00538	0,00535	5,37E-03
31	150	151	260	16900	18,34320	0,00577	0,00581	5,79E-03
29	175	177	260	16900	17,15976	0,00673	0,00681	6,77E-03
27	200	202	260	16900	15,97633	0,00769	0,00777	7,73E-03
25	250	256	260	16900	14,79290	0,00962	0,00985	9,73E-03

Keterangan Kolom :

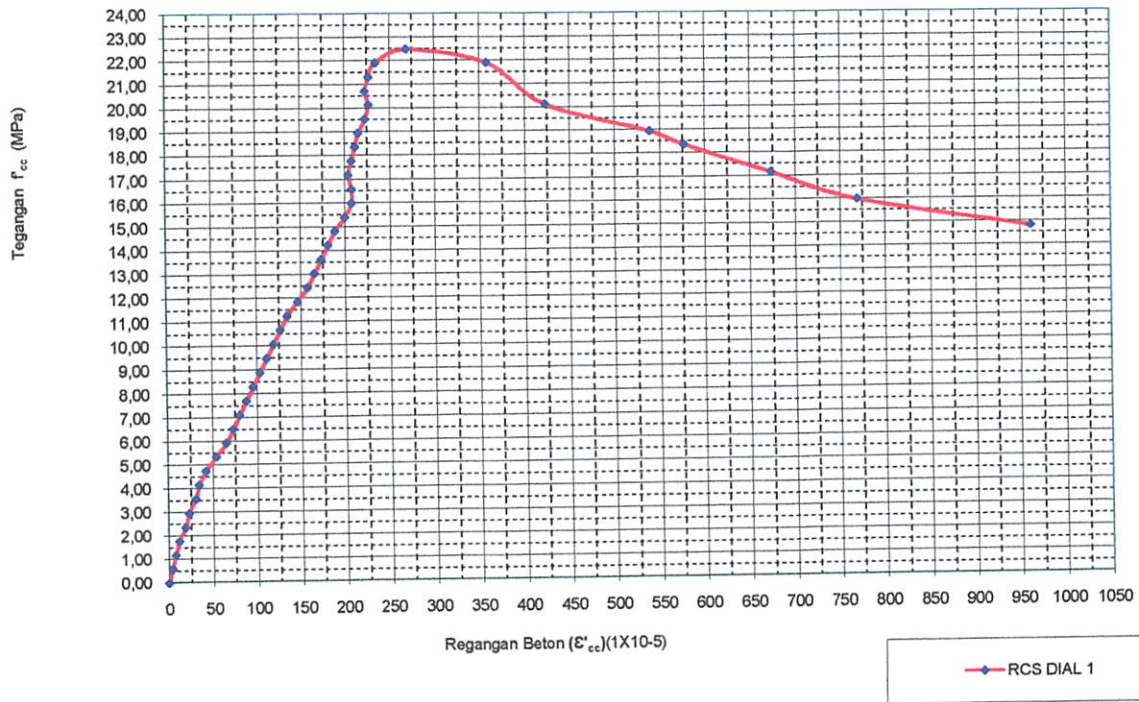
- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada DIAL 1
- 3 = Displacement pada DIAL 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan
- 5 = Luas penampang beton
- 6 = Kuat Tekan Beton
- 7 = Regangan beton pada DIAL1
- 8 = Regangan beton pada DIAL 2
- 9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

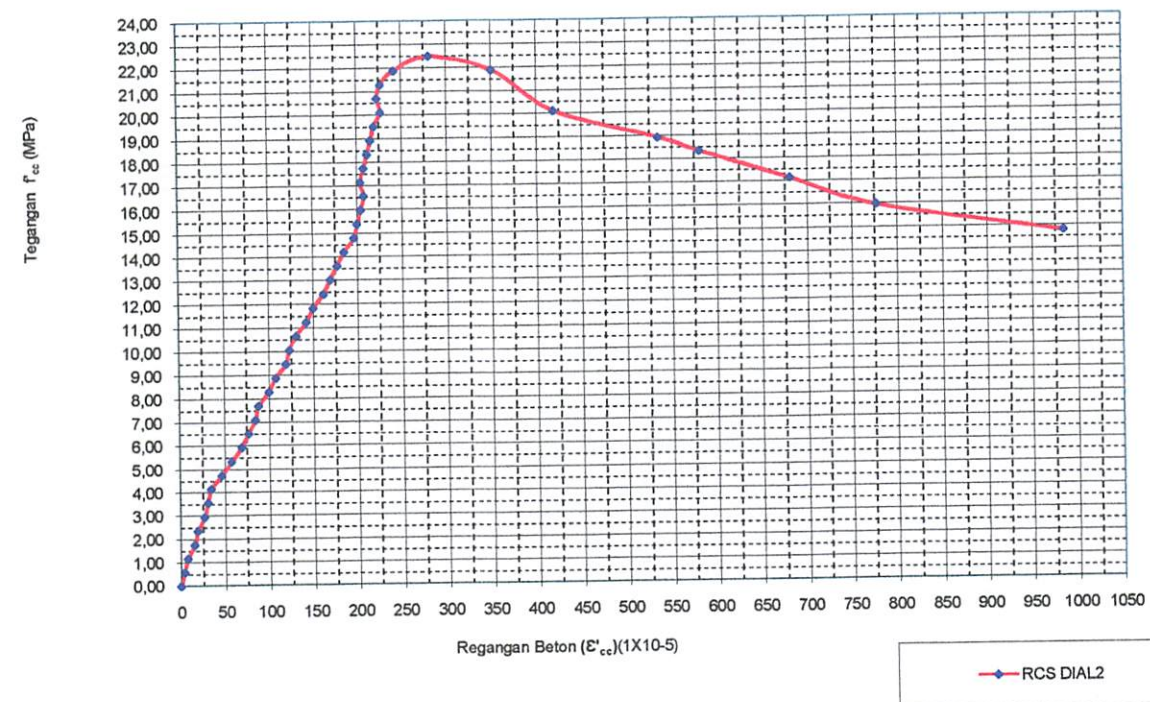
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

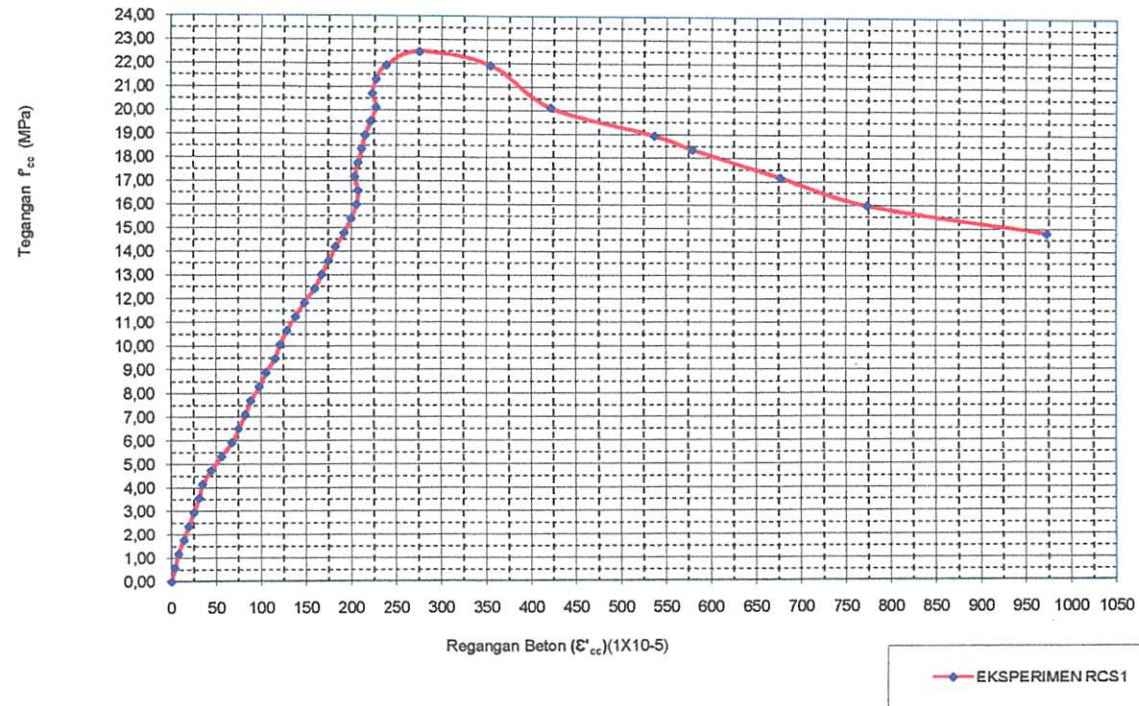
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCS1 DIAL 1



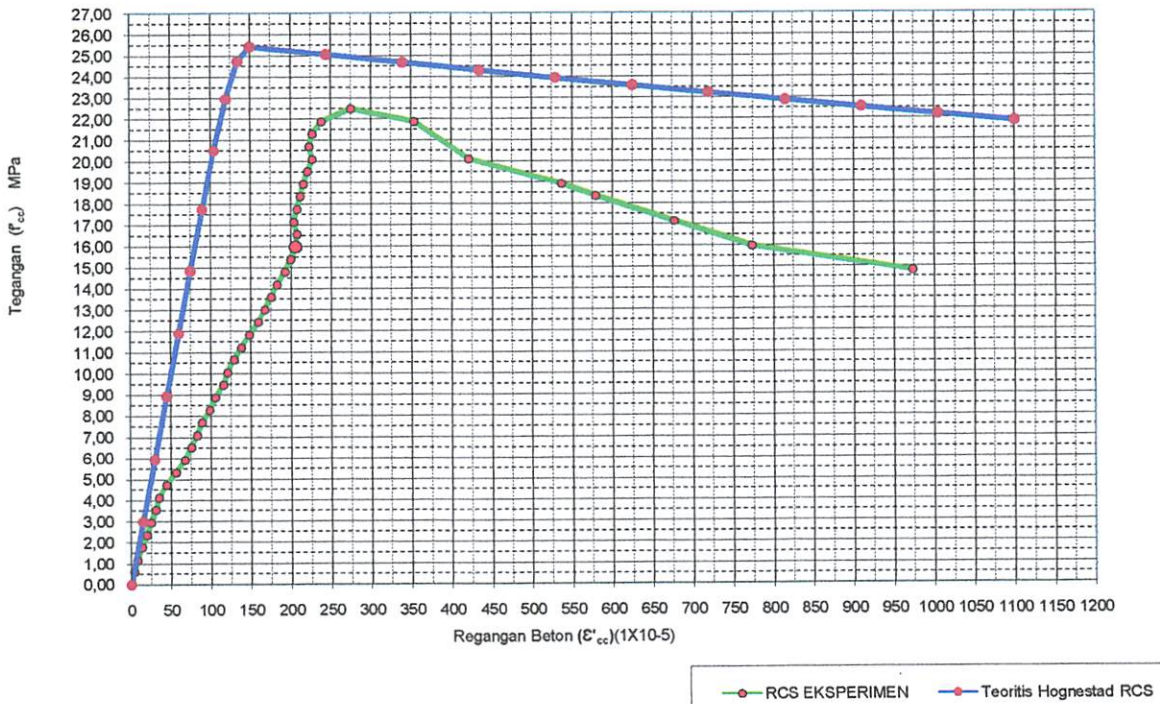
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCS1 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCS1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (RCS1)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL L4.6-B

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (RCS-2)

P (ton)	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
1	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	16900	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	16900	0,59172	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	2	260	16900	1,18343	0,00008	0,00008	7,69E-05
3	3	4	260	16900	1,77515	0,00012	0,00015	1,35E-04
4	5	5	260	16900	2,36686	0,00019	0,00019	1,92E-04
5	6	7	260	16900	2,95858	0,00023	0,00027	2,50E-04
6	8	8	260	16900	3,55030	0,00031	0,00031	3,08E-04
7	9	9	260	16900	4,14201	0,00035	0,00035	3,46E-04
8	11	12	260	16900	4,73373	0,00042	0,00046	4,42E-04
9	14	15	260	16900	5,32544	0,00054	0,00058	5,58E-04
10	17	18	260	16900	5,91716	0,00065	0,00069	6,73E-04
11	19	20	260	16900	6,50888	0,00073	0,00077	7,50E-04
12	21	22	260	16900	7,10059	0,00081	0,00085	8,27E-04
13	23	23	260	16900	7,69231	0,00088	0,00088	8,85E-04
14	25	26	260	16900	8,28402	0,00096	0,00100	9,81E-04
15	27	28	260	16900	8,87574	0,00104	0,00108	1,06E-03
16	29	31	260	16900	9,46746	0,00112	0,00119	1,15E-03
17	31	32	260	16900	10,05917	0,00119	0,00123	1,21E-03
18	33	34	260	16900	10,65089	0,00127	0,00131	1,29E-03
19	35	37	260	16900	11,24260	0,00135	0,00142	1,38E-03
20	38	39	260	16900	11,83432	0,00146	0,00150	1,48E-03
21	41	42	260	16900	12,42604	0,00158	0,00162	1,60E-03
22	43	44	260	16900	13,01775	0,00165	0,00169	1,67E-03
23	45	46	260	16900	13,60947	0,00173	0,00177	1,75E-03
24	47	47	260	16900	14,20118	0,00181	0,00181	1,81E-03
25	49	48	260	16900	14,79290	0,00188	0,00185	1,87E-03
26	50	48	260	16900	15,38462	0,00192	0,00185	1,88E-03
27	51	49	260	16900	15,97633	0,00196	0,00188	1,92E-03
28	52	50	260	16900	16,56805	0,00200	0,00192	1,96E-03
29	53	51	260	16900	17,15976	0,00204	0,00196	2,00E-03
30	54	51	260	16900	17,75148	0,00208	0,00196	2,02E-03
31	55	52	260	16900	18,34320	0,00212	0,00200	2,06E-03
32	55	53	260	16900	18,93491	0,00212	0,00204	2,08E-03
33	56	54	260	16900	19,52663	0,00215	0,00208	2,12E-03
34	56	54	260	16900	20,11834	0,00215	0,00208	2,12E-03
35	57	55	260	16900	20,71006	0,00219	0,00212	2,15E-03
36	57	56	260	16900	21,30178	0,00219	0,00215	2,17E-03
36,5	58	57	260	16900	21,59763	0,00223	0,00219	2,21E-03
36	77	71	260	16900	21,30178	0,00296	0,00273	2,85E-03
35	99	98	260	16900	20,71006	0,00381	0,00377	3,79E-03
33	123	124	260	16900	19,52663	0,00473	0,00477	4,75E-03
32	150	155	260	16900	18,93491	0,00577	0,00596	5,87E-03
31	189	188	260	16900	18,34320	0,00727	0,00723	7,25E-03
30	200	205	260	16900	17,75148	0,00769	0,00788	7,79E-03
29	222	221	260	16900	17,15976	0,00854	0,00850	8,52E-03
27	243	246	260	16900	15,97633	0,00935	0,00946	9,40E-03

Keterangan Kolom :

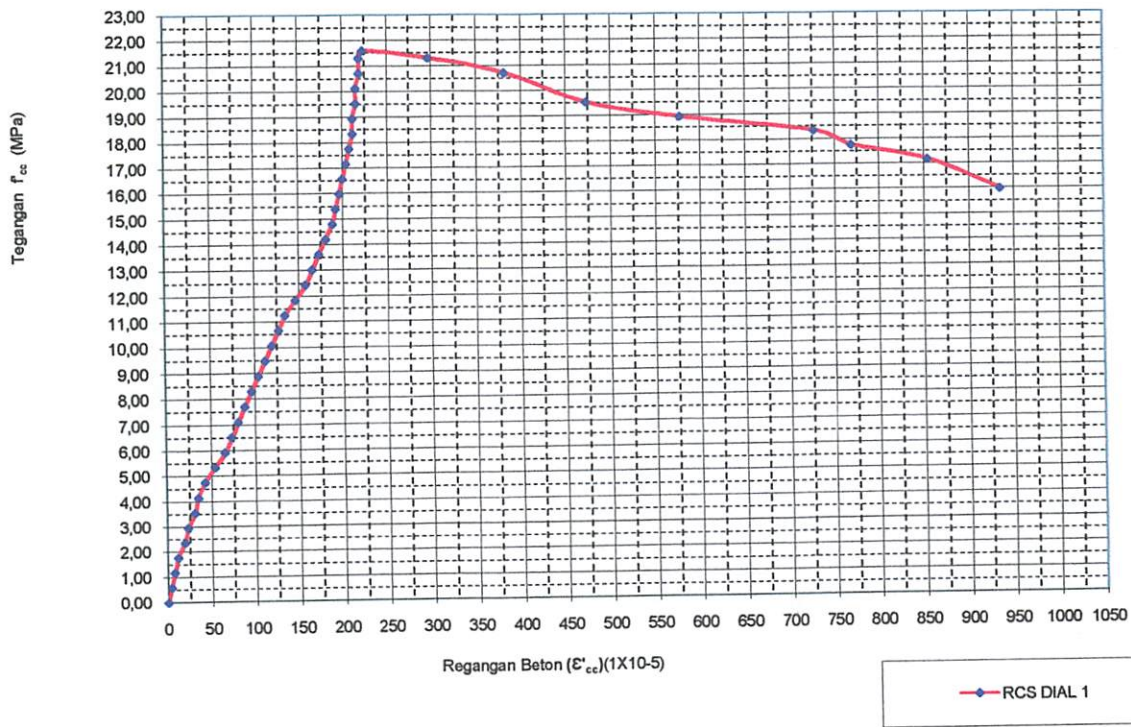
- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada DIAL 1
- 3 = Displacement pada DIAL 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan
- 5 = Luas penampang beton
- 6 = Kuat Tekan Beton
- 7 = Regangan beton pada DIAL 1
- 8 = Regangan beton pada DIAL 2
- 9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

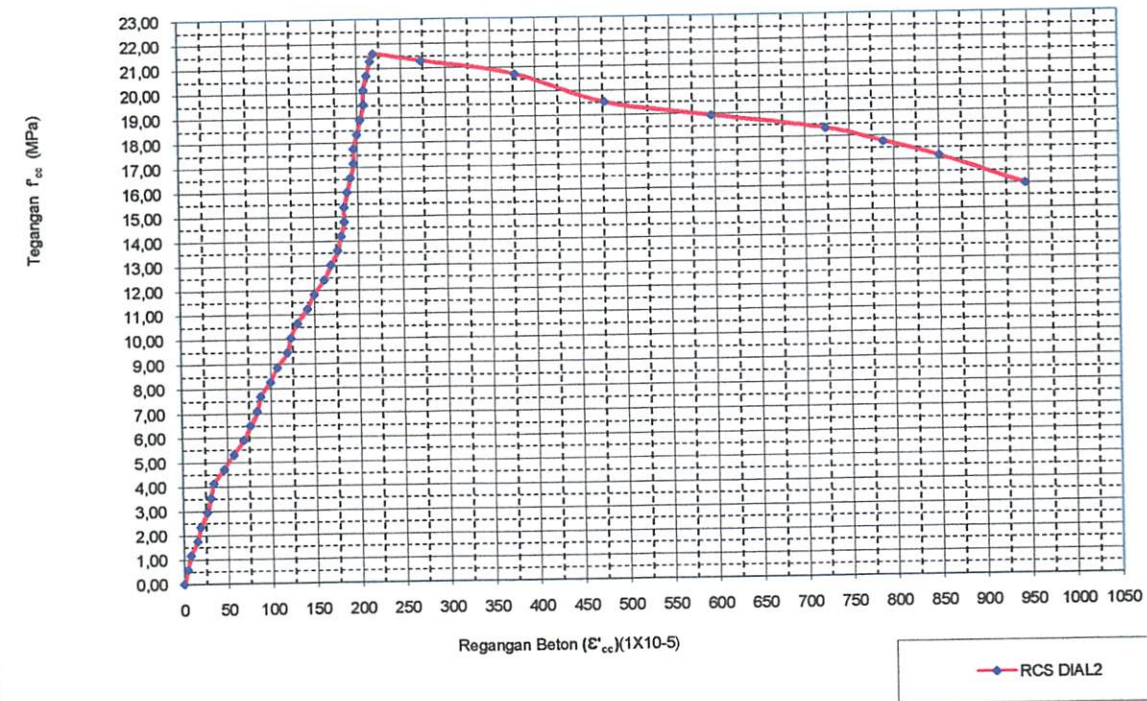
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

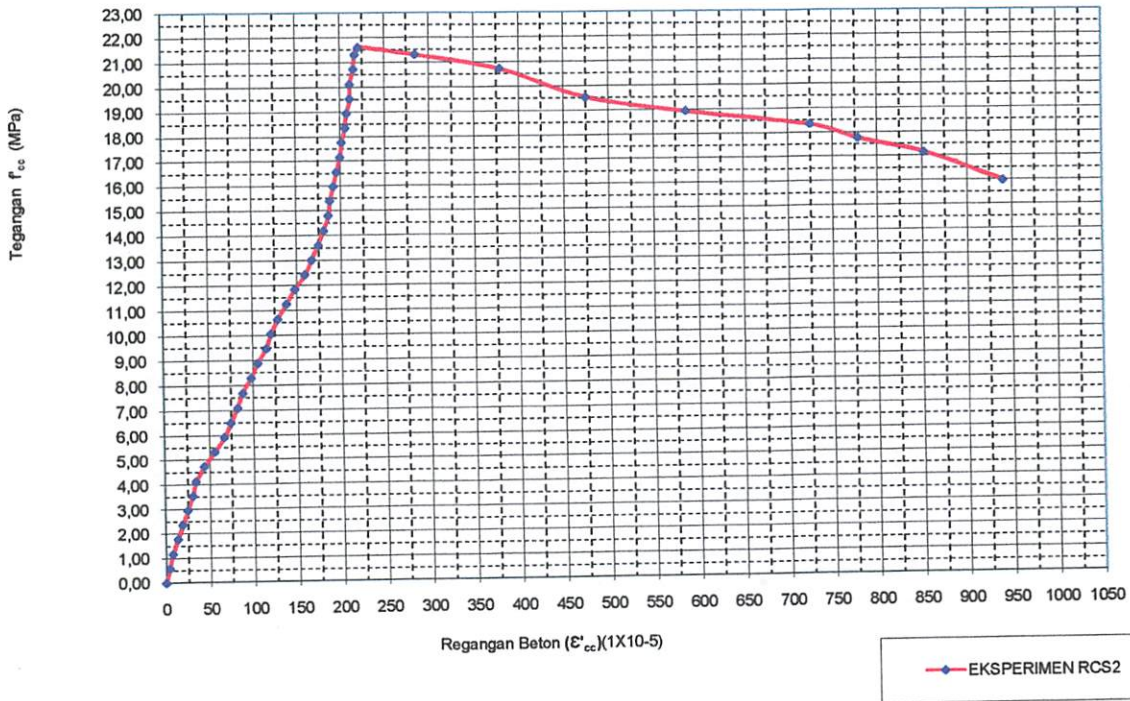
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCS2 DIAL 1



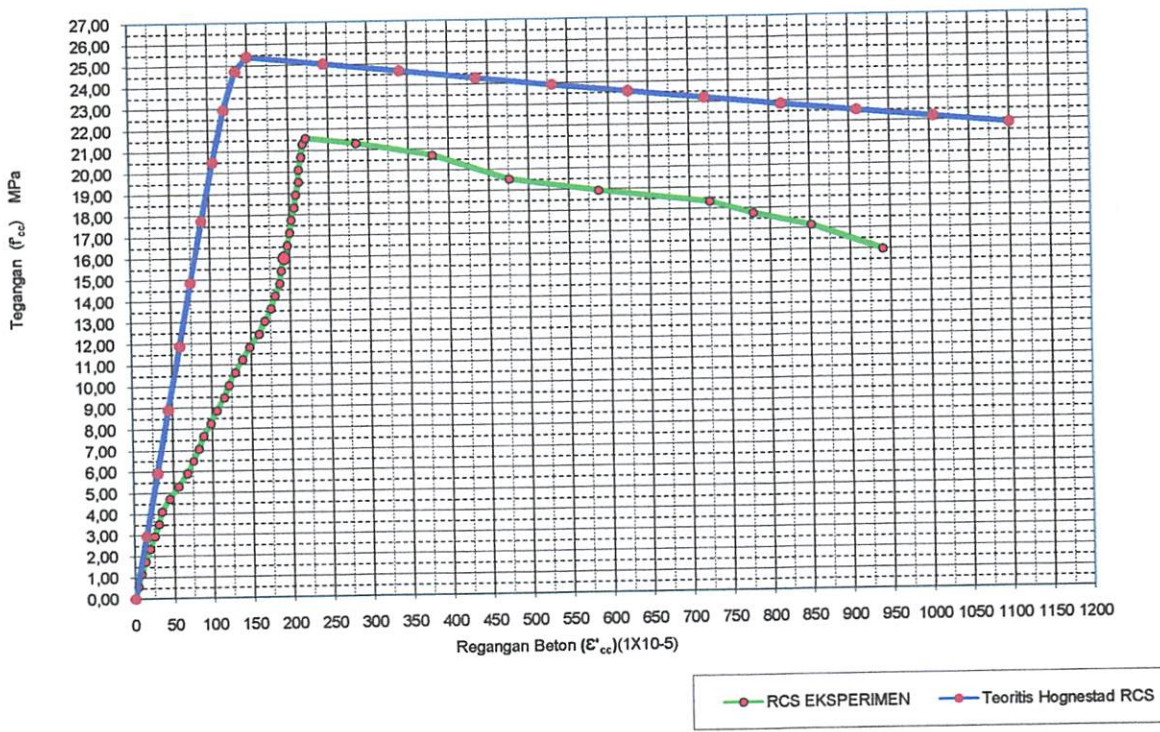
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCS2 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCS1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (RCS1)
Analisis Teoritis dan Eksperimen

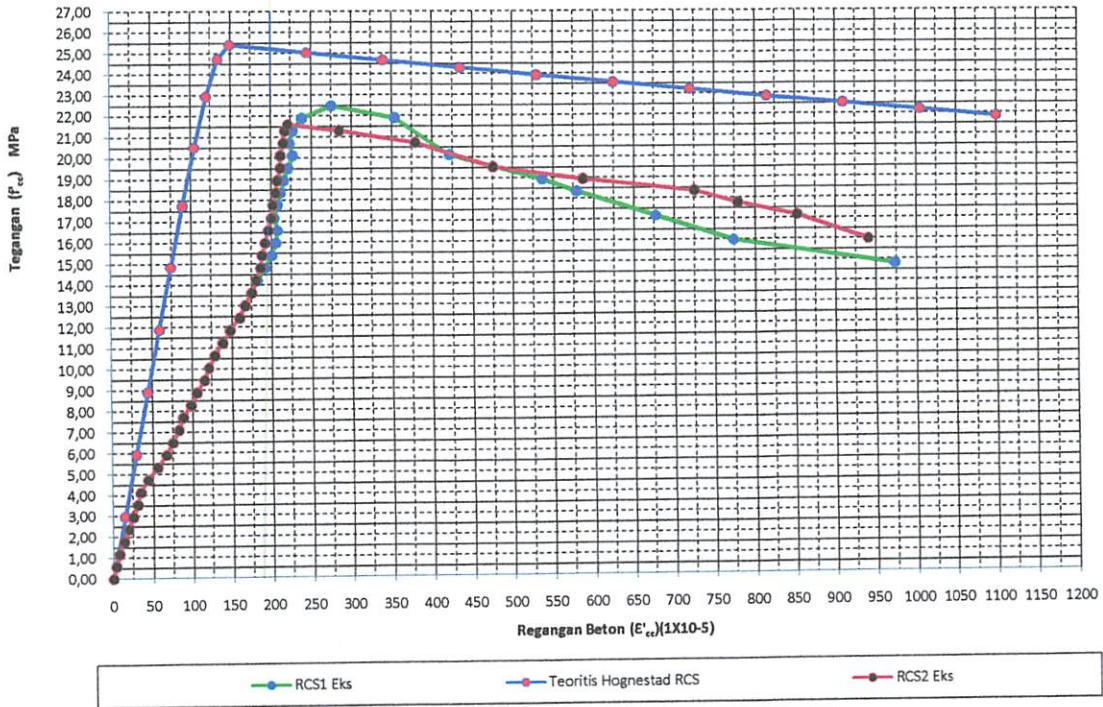


TABEL RATA-RATA RCS

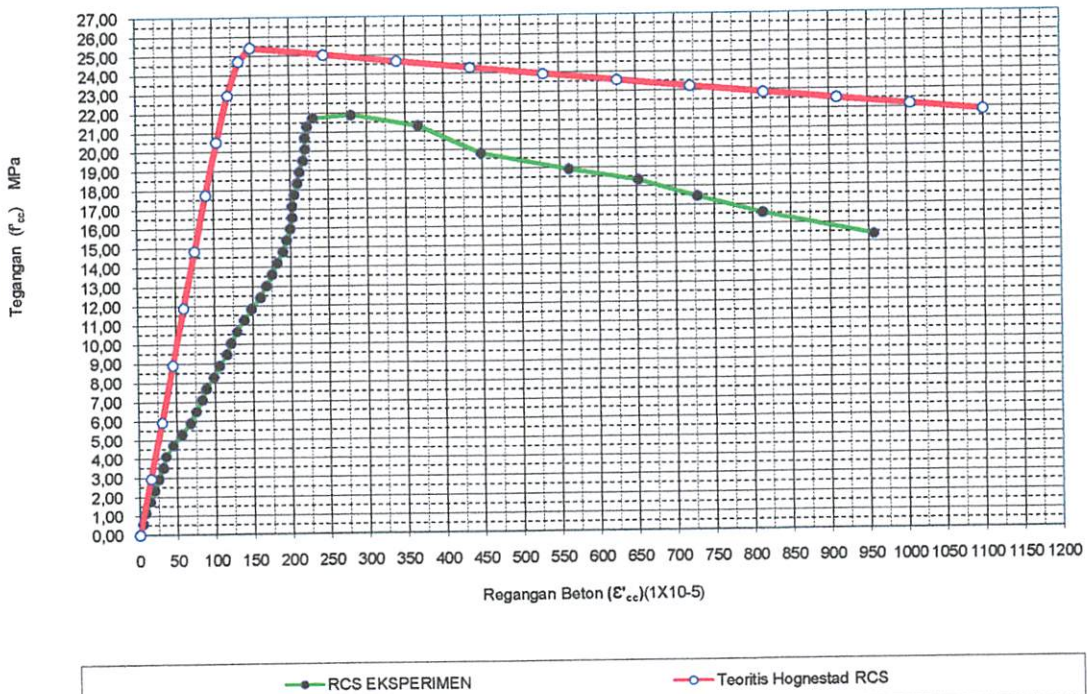
f_c (Mpa)	ϵ_c rata-rata
1	2
0,00000	0,0000000
0,59172	0,0000385
1,18343	0,0000769
1,77515	0,0001346
2,36686	0,0001923
2,95858	0,0002500
3,55030	0,0003077
4,14201	0,0003462
4,73373	0,0004423
5,32544	0,0005577
5,91716	0,0006731
6,50888	0,0007500
7,10059	0,0008269
7,69231	0,0008846
8,28402	0,0009808
8,87574	0,0010577
9,46746	0,0011538
10,05917	0,0012115
10,65089	0,0012885
11,24260	0,0013846
11,83432	0,0014808
12,42604	0,0015962
13,01775	0,0016731
13,60947	0,0017500
14,20118	0,0018173
14,79290	0,0018942
15,38462	0,0019423
15,97633	0,0019904
16,56805	0,0020192
17,15976	0,0020192
17,75148	0,0020481
18,34320	0,0020865
18,93491	0,0021154
19,52663	0,0021635
20,11834	0,0021923
20,71006	0,0021923
21,30178	0,0022212
21,74556	0,0022981
21,89349	0,0027981
21,30178	0,0036635
19,82249	0,0044808
18,93491	0,0056154
18,34320	0,0065192
17,45562	0,0072788
16,56805	0,0081250
15,38462	0,0095673

P Maks
36,75

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



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



TABEL L4.6D

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON TERKEKANG TULANGAN SENGGANG (RCS)

Es = 200000
 Ec = 19922,12
 n = 10,04

Mpa
 Mpa

P (kon)	LVDT1 (mm)	LVDT2 (mm)	Strain Gauge	L (mm)	Ag - As (mm ²)	As,n (mm ²)	Atotal (mm ²)	Aspiral (mm ²)	Fc Mpa	fs Spiral (Mpa)	εc1	εc2	εc2 rata-rata	εs1 SG
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0,00000	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0	0,000000
1	1	1	0,05319	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	0,544	4,052	0,00004	0,00004	3,85E-05	0,000020
2	2	2	0,10122	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	1,089	7,711	0,00008	0,00008	7,69E-05	0,000039
3	3	3	0,13019	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	1,633	9,918	0,00012	0,00012	0,000115	0,000050
4	4	4	0,15029	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	2,177	11,449	0,00015	0,00015	0,000154	0,000057
5	5	5	0,16521	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	2,722	12,586	0,00019	0,00019	0,000192	0,000063
6	6	6	0,20938	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	3,266	15,951	0,00023	0,00023	0,000231	0,000080
7	7	7	0,31010	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	3,810	23,623	0,00027	0,00027	0,000269	0,000118
8	8	8	0,45103	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	4,354	34,359	0,00031	0,00031	0,000308	0,000172
9	9	9	0,51762	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	4,899	39,432	0,00035	0,00035	0,000346	0,000197
10	10	10	0,71230	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	5,443	54,263	0,00038	0,00038	0,000385	0,000271
11	11	11	0,81230	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	5,987	61,881	0,00042	0,00042	0,000423	0,000309
12	12	12	0,91233	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	6,532	69,501	0,00046	0,00046	0,000462	0,000348
13	13	13	1,12030	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	7,076	85,344	0,00050	0,00050	0,00050	0,000427
14	14	14	1,23133	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	7,620	93,803	0,00054	0,00054	0,000538	0,000469
15	15	15	1,31301	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	8,165	100,025	0,00058	0,00058	0,000577	0,000500
16	16	16	1,43230	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	8,709	109,113	0,00062	0,00062	0,000615	0,000546
17	17	17	1,53440	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	9,253	116,891	0,00065	0,00065	0,000654	0,000584
18	18	18	1,60203	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	9,797	122,043	0,00069	0,00069	0,000692	0,000610
19	19	19	0,32199	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	10,342	24,529	0,00073	0,00073	0,000731	0,000123
20	20	20	0,41991	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	10,886	31,989	0,00077	0,00077	0,000769	0,000160
21	21	21	0,51919	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	11,430	39,552	0,00081	0,00081	0,000808	0,000198
22	22	22	0,54121	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	11,975	41,229	0,00085	0,00085	0,000846	0,000206
23	23	23	0,60012	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	12,519	45,717	0,00088	0,00088	0,000885	0,000229
24	24	24	0,69182	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	13,063	52,703	0,00092	0,00092	0,000923	0,000264
25	25	25	0,75412	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	13,608	57,449	0,00096	0,00096	0,000962	0,000287
26	26	26	0,79871	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	14,152	60,846	0,00100	0,00100	0,00100	0,000304
27	27	27	0,81212	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	14,696	61,867	0,00104	0,00104	0,001038	0,000309
28	28	28	0,98121	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	15,240	74,749	0,00108	0,00108	0,001077	0,000374
29	29	29	0,99910	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	15,785	76,111	0,00112	0,00112	0,001115	0,000381
30	30	30	1,10203	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	16,329	83,953	0,00115	0,00115	0,001154	0,000420
31	31	31	1,20192	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	16,873	91,562	0,00119	0,00119	0,001192	0,000458
32	32	32	1,43193	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	17,418	109,084	0,00123	0,00123	0,001231	0,000545

33	33	33	1,49812	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	17,962	114,127	0,00127	0,00127	0,001269	0,00057
34	34	34	1,55410	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	18,506	118,391	0,00131	0,00131	0,001308	0,000592
35	35	35	1,60212	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	19,051	122,050	0,00135	0,00135	0,001346	0,000610
36	36	36	1,65821	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	19,595	126,322	0,00138	0,00138	0,001385	0,000632
37	37	37	1,71092	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	20,139	130,338	0,00142	0,00142	0,001423	0,000652
38	38	38	1,81910	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	20,684	138,579	0,00146	0,00146	0,001462	0,000693
37	37	37	1,91010	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	20,139	145,511	0,00142	0,00142	0,001423	0,000728
34	34	34	2,00010	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	18,506	152,368	0,00131	0,00131	0,001308	0,000762
32	32	32	2,12210	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	17,418	161,662	0,00123	0,00123	0,001231	0,000808
31	31	31	2,21102	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	16,873	168,436	0,00119	0,00119	0,001192	0,000842
29	29	29	2,30192	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	15,785	175,360	0,00112	0,00112	0,001115	0,000877
27	27	27	2,49182	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	14,696	189,827	0,00104	0,00104	0,001038	0,000949
25	25	25	2,56511	260	16737,14	1634,968	18372,11	17,34945	13,608	195,410	0,00096	0,00096	0,000962	0,000977

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

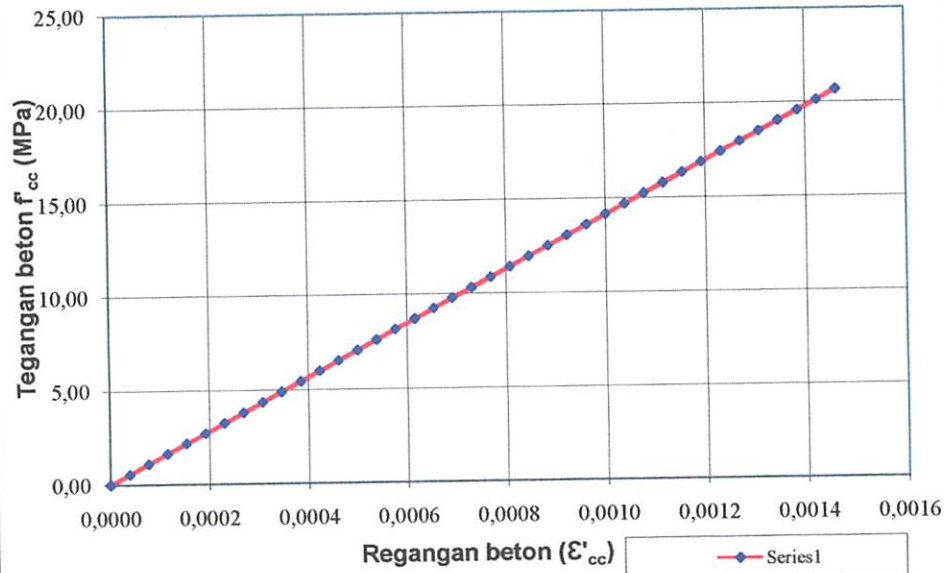
13 = Regangan Baja Tulangan Spiral BJTP

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

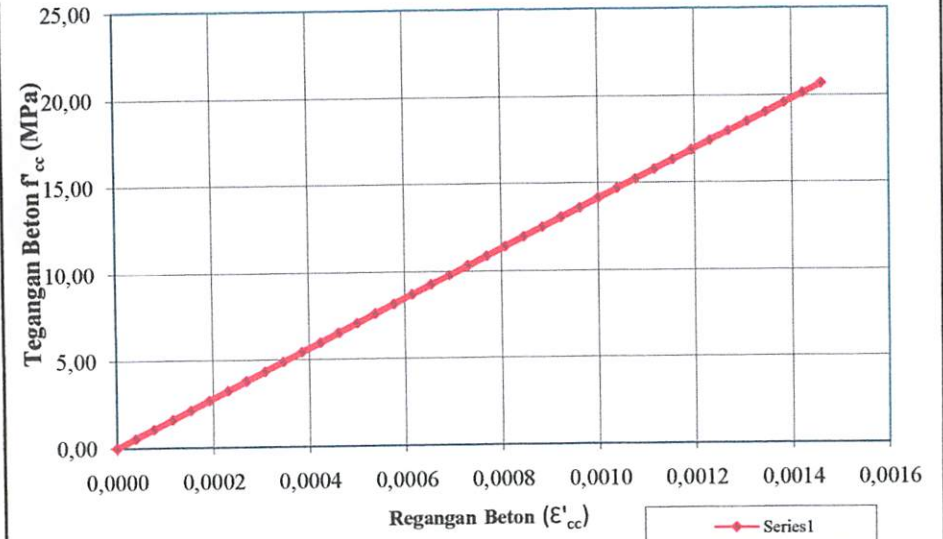
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

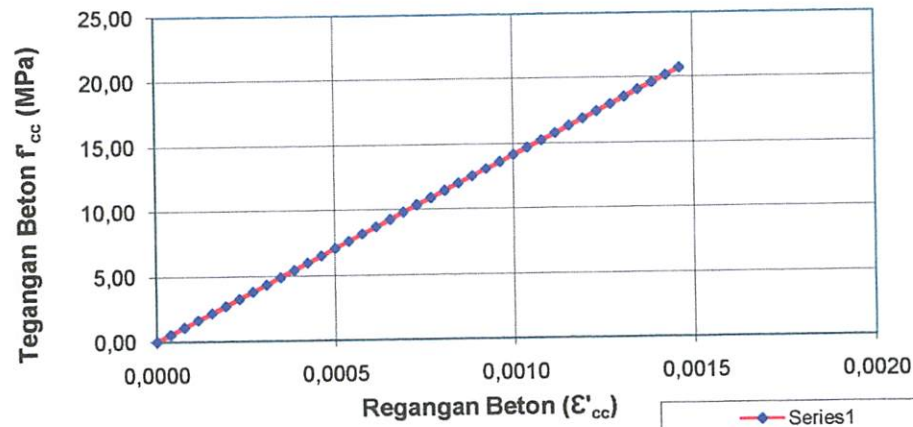
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCS LVDT 1



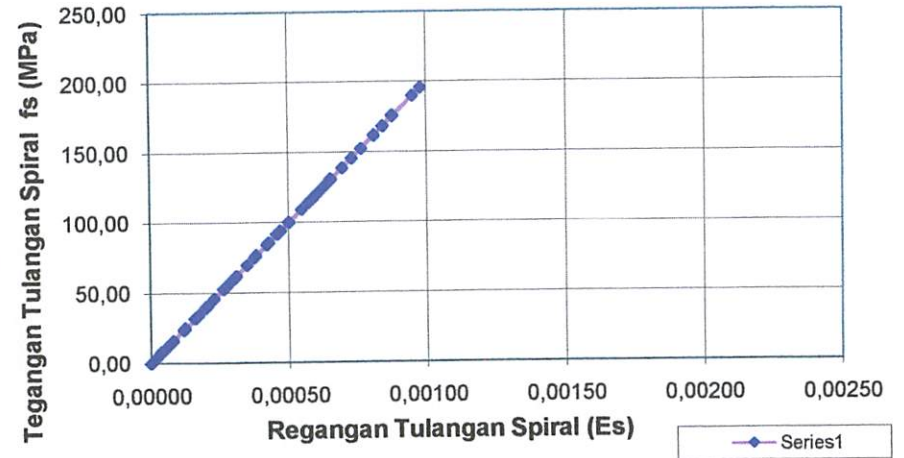
Kurva Tegangan Regangan Kolom RCS Eksperimen (Rata-rata)



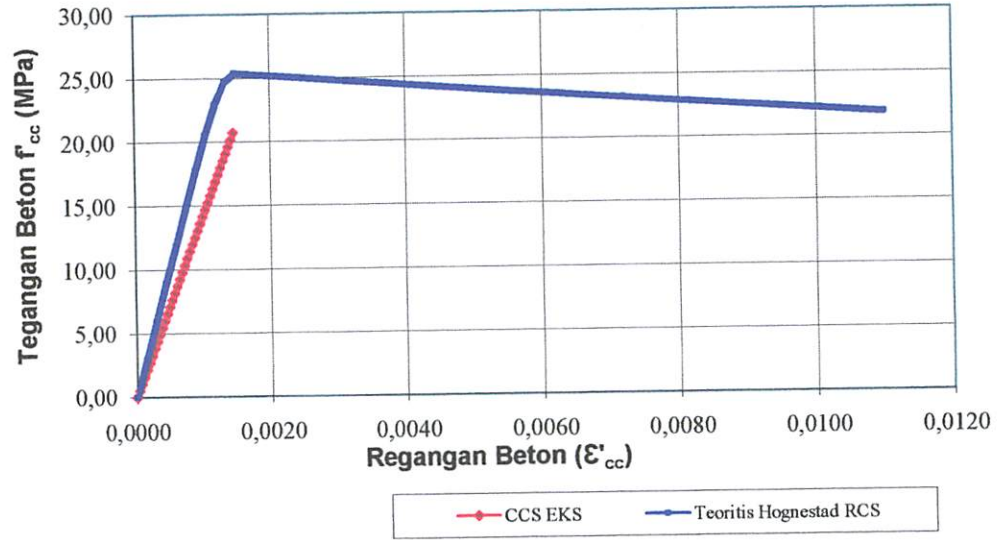
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCS LVDT2



Kurva Tegangan-Regangan Tulangan Spiral Kolom RCS



Kurva Tegangan Regangan Beton Kolom RCS Analisis Teoritis dan Eksperimen



LAMPIRAN L 4.7

GRAFIK EKSPERIMENTAL RCFM

TABEL L4.7-A

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (RCFM-1)

P (ton)	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f' _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
1	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	16900	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	16900	0,59172	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	4	260	16900	1,18343	0,00008	0,00015	1,15E-04
3	6	6	260	16900	1,77515	0,00023	0,00023	2,31E-04
4	9	8	260	16900	2,36686	0,00035	0,00031	3,27E-04
5	12	11	260	16900	2,95858	0,00046	0,00042	4,42E-04
6	15	13	260	16900	3,55030	0,00058	0,00050	5,38E-04
7	18	15	260	16900	4,14201	0,00069	0,00058	6,35E-04
8	21	18	260	16900	4,73373	0,00081	0,00069	7,50E-04
9	23	21	260	16900	5,32544	0,00088	0,00081	8,46E-04
10	26	24	260	16900	5,91716	0,00100	0,00092	9,62E-04
11	29	26	260	16900	6,50888	0,00112	0,00100	1,06E-03
12	31	29	260	16900	7,10059	0,00119	0,00112	1,15E-03
13	35	31	260	16900	7,69231	0,00135	0,00119	1,27E-03
14	37	37	260	16900	8,28402	0,00142	0,00142	1,42E-03
15	40	39	260	16900	8,87574	0,00154	0,00150	1,52E-03
16	41	41	260	16900	9,46746	0,00158	0,00158	1,58E-03
17	44	43	260	16900	10,05917	0,00169	0,00165	1,67E-03
18	45	45	260	16900	10,65089	0,00173	0,00173	1,73E-03
19	46	47	260	16900	11,24260	0,00177	0,00181	1,79E-03
20	47	49	260	16900	11,83432	0,00181	0,00188	1,85E-03
21	48	49	260	16900	12,42604	0,00185	0,00188	1,87E-03
22	49	50	260	16900	13,01775	0,00188	0,00192	1,90E-03
23	50	51	260	16900	13,60947	0,00192	0,00196	1,94E-03
24	51	52	260	16900	14,20118	0,00196	0,00200	1,98E-03
25	53	53	260	16900	14,79290	0,00204	0,00204	2,04E-03
26	54	53	260	16900	15,38462	0,00208	0,00204	2,06E-03
27	55	55	260	16900	15,97633	0,00212	0,00212	2,12E-03
28	55	56	260	16900	16,56805	0,00212	0,00215	2,13E-03
29	57	56	260	16900	17,15976	0,00219	0,00215	2,17E-03
30	58	57	260	16900	17,75148	0,00223	0,00219	2,21E-03
31	59	58	260	16900	18,34320	0,00227	0,00223	2,25E-03
32	60	59	260	16900	18,93491	0,00231	0,00227	2,29E-03
33	61	60	260	16900	19,52663	0,00235	0,00231	2,33E-03
34	63	62	260	16900	20,11834	0,00242	0,00238	2,40E-03
35	65	64	260	16900	20,71006	0,00250	0,00246	2,48E-03
34	83	81	260	16900	20,11834	0,00319	0,00312	3,15E-03
33	97	95	260	16900	19,52663	0,00373	0,00365	3,69E-03
32	111	112	260	16900	18,93491	0,00427	0,00431	4,29E-03
31	140	141	260	16900	18,34320	0,00538	0,00542	5,40E-03
30	175	171	260	16900	17,75148	0,00673	0,00658	6,65E-03
28	200	199	260	16900	16,56805	0,00769	0,00765	7,67E-03
25	275	270	260	16900	14,79290	0,01058	0,01038	1,05E-02

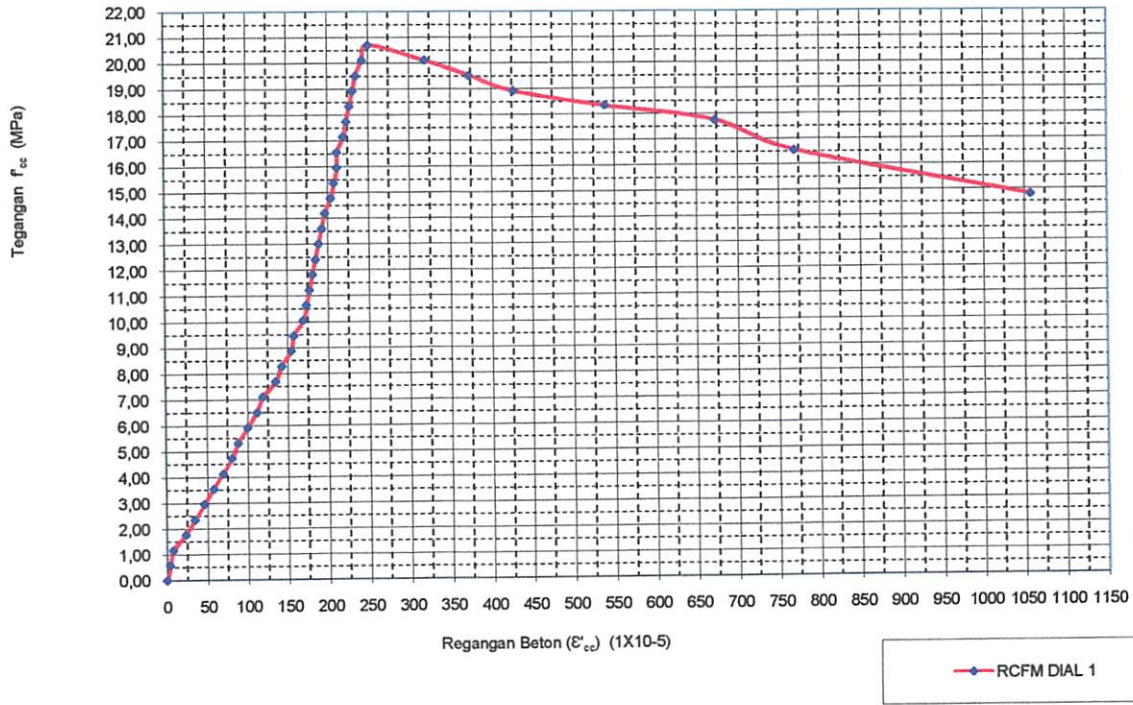
Keterangan Kolom :

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

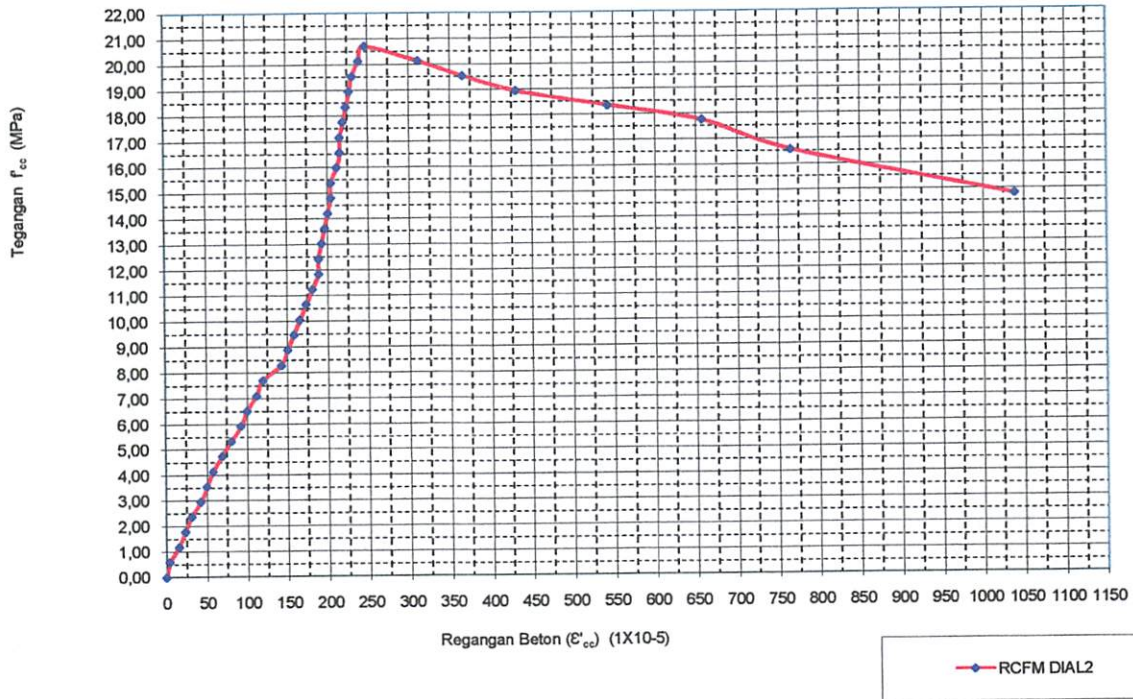
- 6 = Kuat Tekan Beton
- 7 = Regangan beton pada DIAL 1
- 8 = Regangan beton pada DIAL 2
- 9 = Regangan beton rata-rata

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

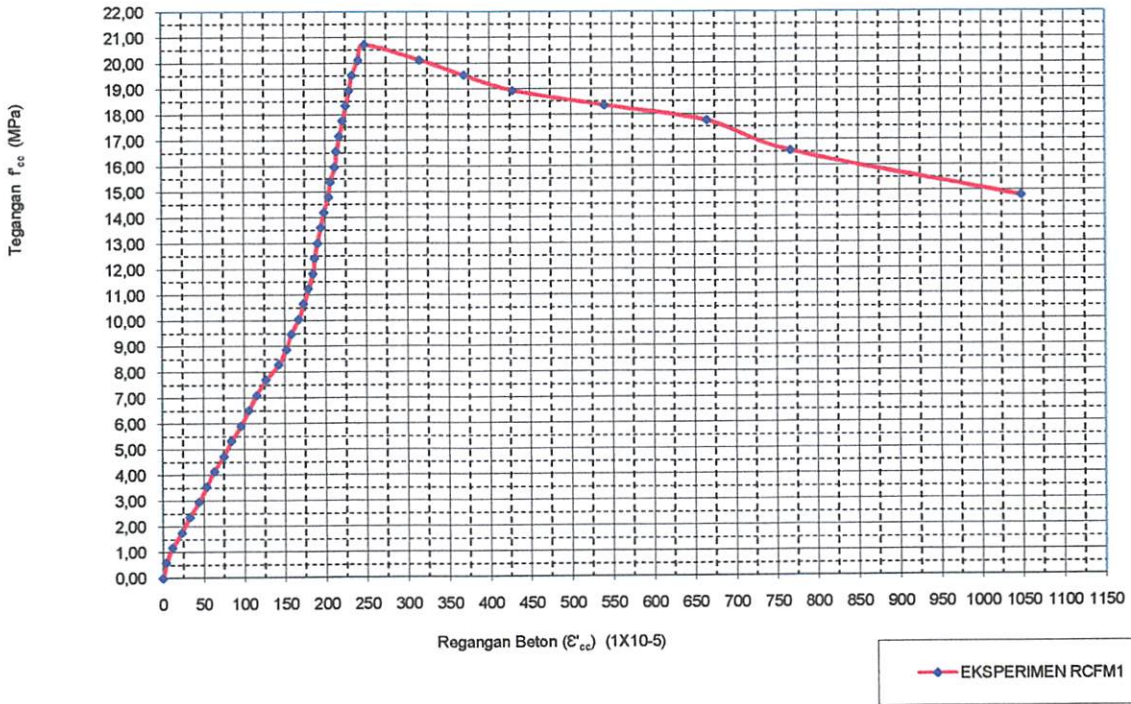
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFM1 DIAL 1



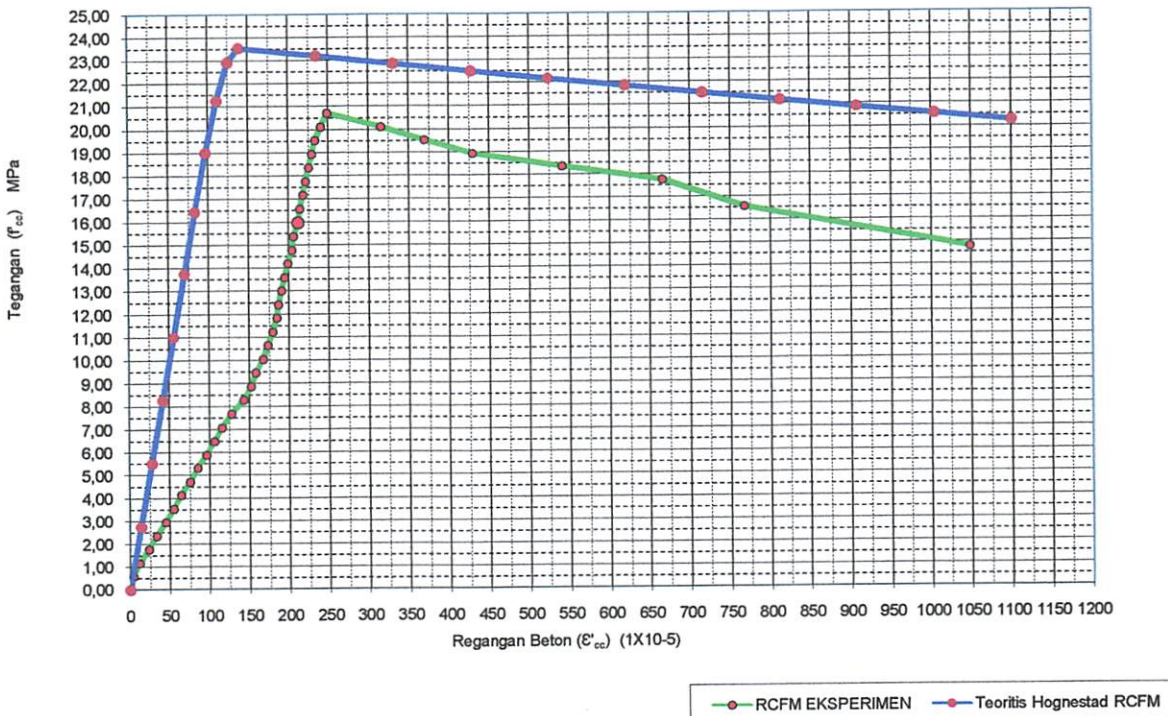
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFM1 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFM1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (RCFM1)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL L4.7-B

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (RCFM-2)

P (ton)	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
1	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	16900	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	16900	0,59172	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	4	260	16900	1,18343	0,00008	0,00015	1,15E-04
3	6	6	260	16900	1,77515	0,00023	0,00023	2,31E-04
4	9	8	260	16900	2,36686	0,00035	0,00031	3,27E-04
5	12	11	260	16900	2,95858	0,00046	0,00042	4,42E-04
6	15	13	260	16900	3,55030	0,00058	0,00050	5,38E-04
7	18	15	260	16900	4,14201	0,00069	0,00058	6,35E-04
8	21	18	260	16900	4,73373	0,00081	0,00069	7,50E-04
9	23	21	260	16900	5,32544	0,00088	0,00081	8,46E-04
10	26	24	260	16900	5,91716	0,00100	0,00092	9,62E-04
11	29	25	260	16900	6,50888	0,00112	0,00096	1,04E-03
12	31	30	260	16900	7,10059	0,00119	0,00115	1,17E-03
13	35	32	260	16900	7,69231	0,00135	0,00123	1,29E-03
14	37	37	260	16900	8,28402	0,00142	0,00142	1,42E-03
15	40	39	260	16900	8,87574	0,00154	0,00150	1,52E-03
16	41	41	260	16900	9,46746	0,00158	0,00158	1,58E-03
17	44	43	260	16900	10,05917	0,00169	0,00165	1,67E-03
18	45	45	260	16900	10,65089	0,00173	0,00173	1,73E-03
19	46	47	260	16900	11,24260	0,00177	0,00181	1,79E-03
20	47	49	260	16900	11,83432	0,00181	0,00188	1,85E-03
21	48	49	260	16900	12,42604	0,00185	0,00188	1,87E-03
22	49	50	260	16900	13,01775	0,00188	0,00192	1,90E-03
23	50	51	260	16900	13,60947	0,00192	0,00196	1,94E-03
24	51	52	260	16900	14,20118	0,00196	0,00200	1,98E-03
25	53	53	260	16900	14,79290	0,00204	0,00204	2,04E-03
26	54	53	260	16900	15,38462	0,00208	0,00204	2,06E-03
27	55	55	260	16900	15,97633	0,00212	0,00212	2,12E-03
28	55	56	260	16900	16,56805	0,00212	0,00215	2,13E-03
29	57	56	260	16900	17,15976	0,00219	0,00215	2,17E-03
30	58	57	260	16900	17,75148	0,00223	0,00219	2,21E-03
31	59	58	260	16900	18,34320	0,00227	0,00223	2,25E-03
32	60	59	260	16900	18,93491	0,00231	0,00227	2,29E-03
33	61	60	260	16900	19,52663	0,00235	0,00231	2,33E-03
33,3	63	62	260	16900	19,70414	0,00242	0,00238	2,40E-03
33	77	75	260	16900	19,52663	0,00296	0,00288	2,92E-03
32	97	95	260	16900	18,93491	0,00373	0,00365	3,69E-03
31	111	112	260	16900	18,34320	0,00427	0,00431	4,29E-03
30	140	141	260	16900	17,75148	0,00538	0,00542	5,40E-03
29	175	171	260	16900	17,15976	0,00673	0,00658	6,65E-03
28	200	199	260	16900	16,56805	0,00769	0,00765	7,67E-03
26	275	270	260	16900	15,38462	0,01058	0,01038	1,05E-02

Keterangan 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

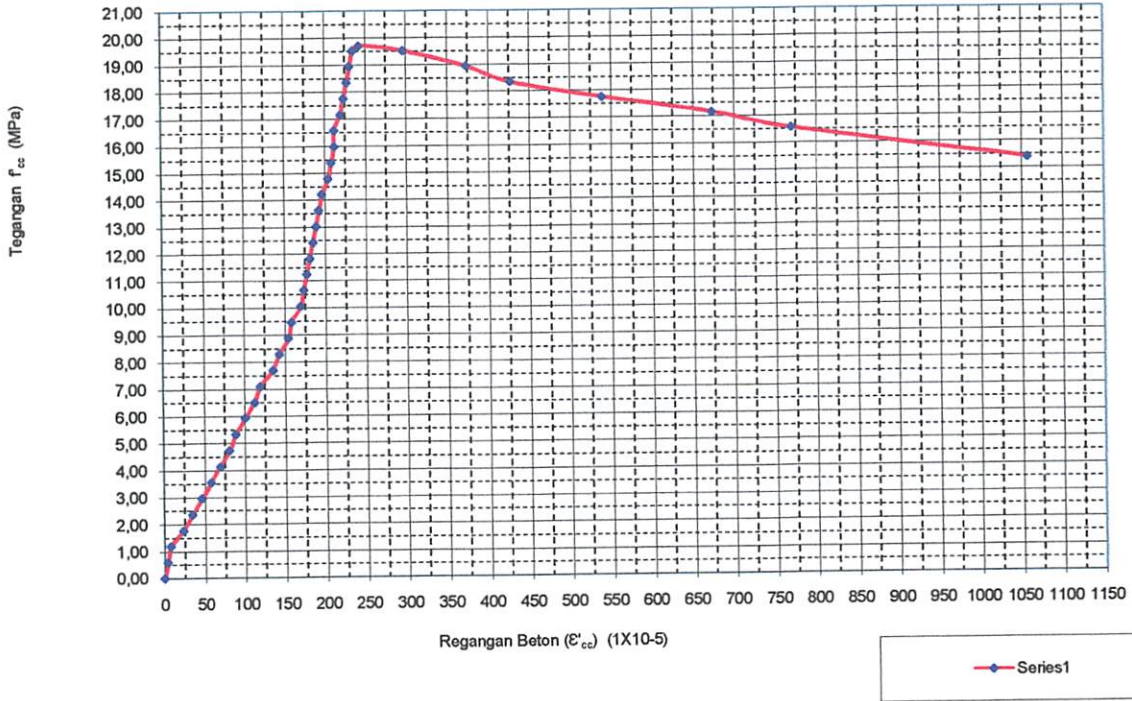
9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

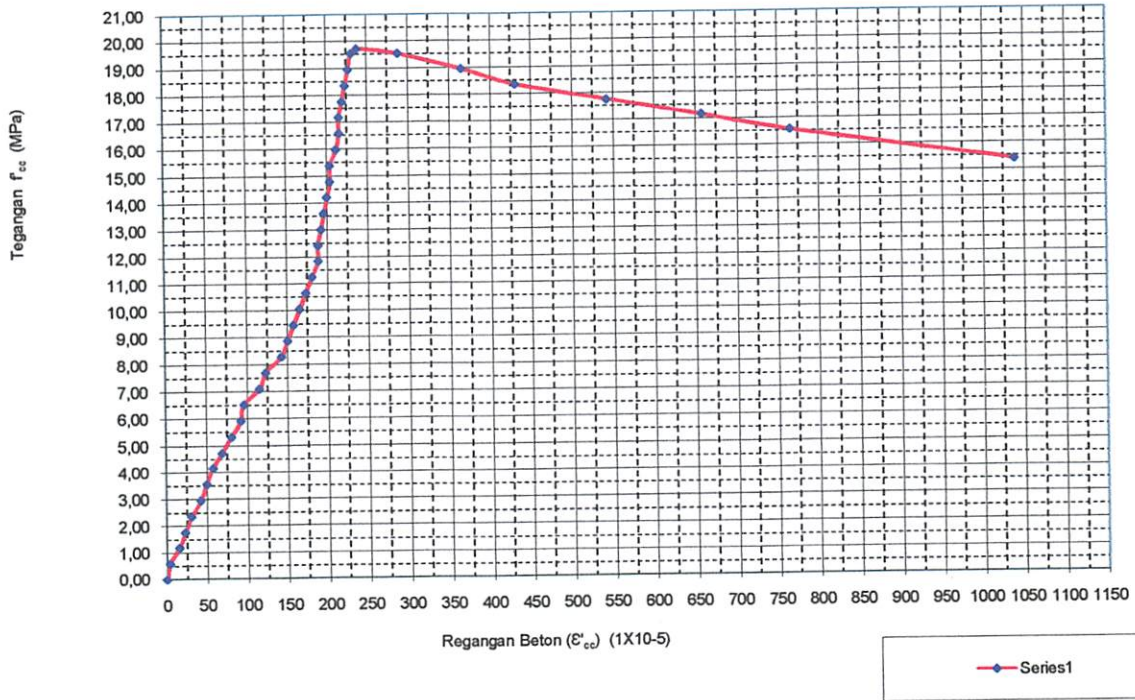
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

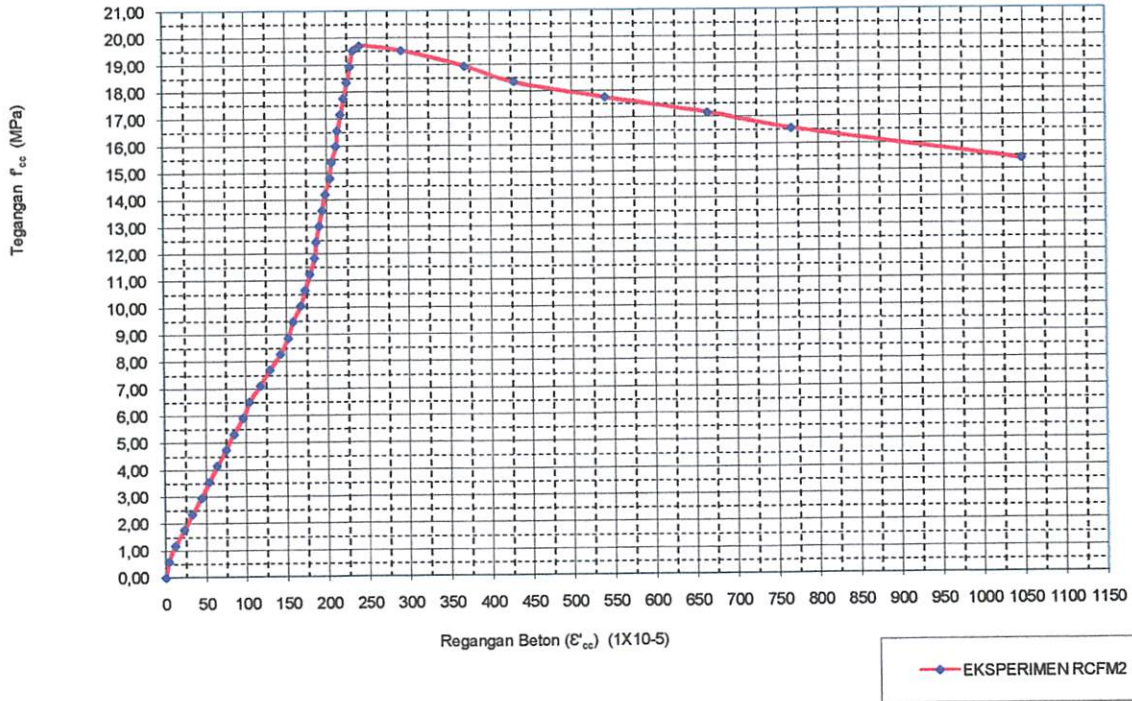
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFM2 DIAL 1



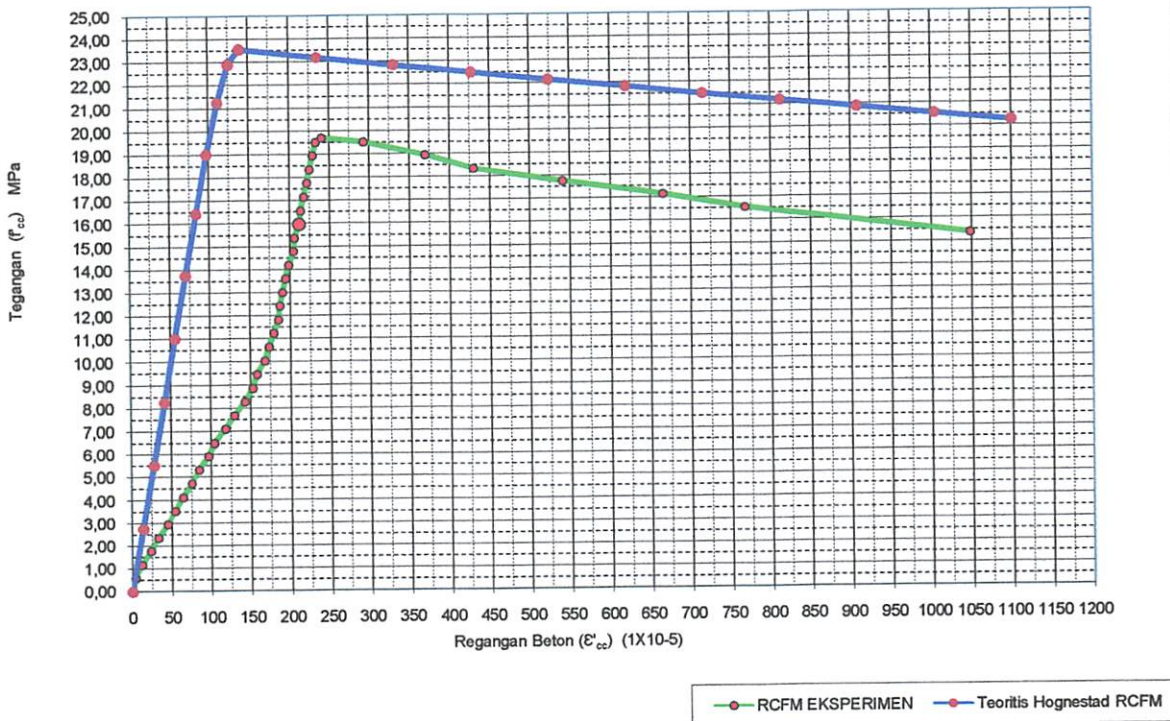
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFM2 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFM2



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (RCFM2)
Analisis Teoritis dan Eksperimen

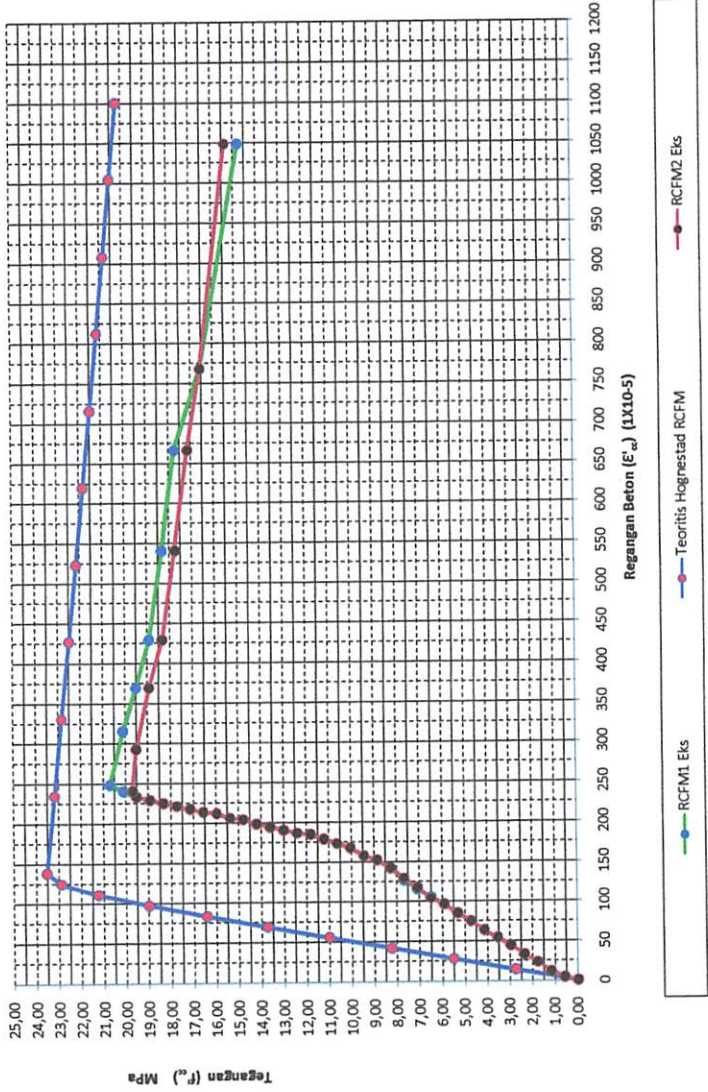


TABEL RATA-RATA RCFM

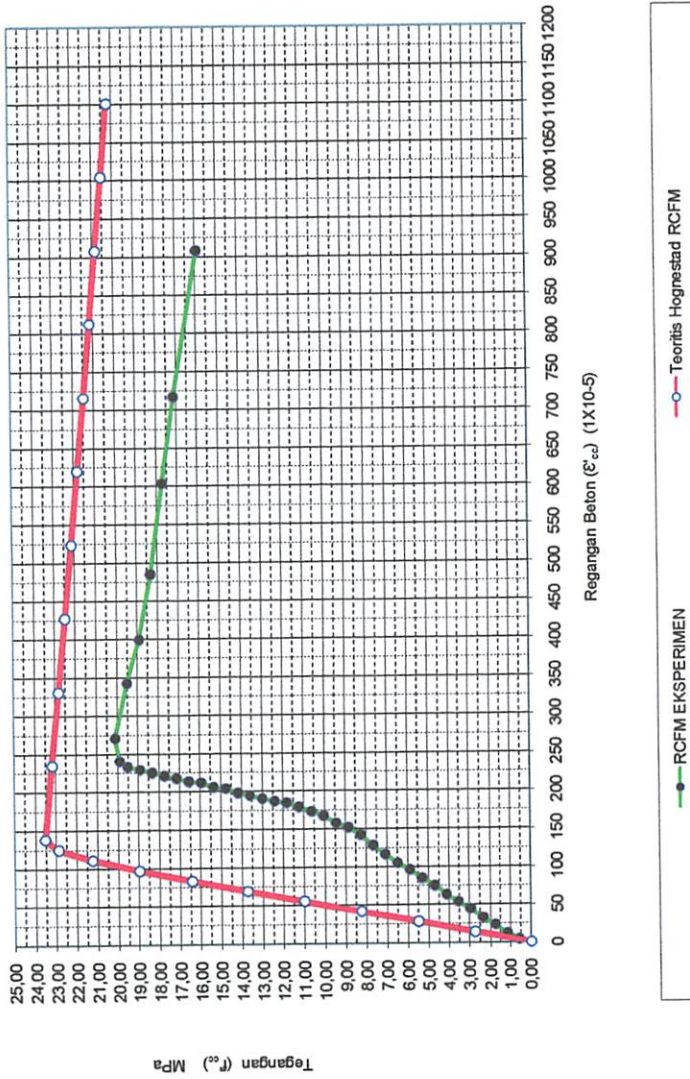
f'_c (Mpa)	ε_c rata-rata
1	2
0,00000	0,0000000
0,59172	0,0000385
1,18343	0,0001154
1,77515	0,0002308
2,36686	0,0003269
2,95858	0,0004423
3,55030	0,0005385
4,14201	0,0006346
4,73373	0,0007500
5,32544	0,0008462
5,91716	0,0009615
6,50888	0,0010481
7,10059	0,0011635
7,69231	0,0012788
8,28402	0,0014231
8,87574	0,0015192
9,46746	0,0015769
10,05917	0,0016731
10,65089	0,0017308
11,24260	0,0017885
11,83432	0,0018462
12,42604	0,0018654
13,01775	0,0019038
13,60947	0,0019423
14,20118	0,0019808
14,79290	0,0020385
15,38462	0,0020577
15,97633	0,0021154
16,56805	0,0021346
17,15976	0,0021731
17,75148	0,0022115
18,34320	0,0022500
18,93491	0,0022885
19,52663	0,0023269
19,91124	0,0024038
20,11834	0,0027019
19,52663	0,0034231
18,93491	0,0039904
18,34320	0,0048462
17,75148	0,0060288
17,15976	0,0071635
15,97633	0,0090769

P Maks
34,15

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



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



TABEL L4.7 D

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON TERKEKANG FINE MESH (RCFM)

Es = 200000 MPa
 Ec = 19922,12 Mpa
 n = 10,04

P (ton)	LVDT1 (mm)	LVDT2 (mm)	SG FM 1	L (mm)	Ag - Asm (mm ²)	Asm (mm ²)	Asteel (mm ²)	A FM (mm ²)	Fc (MPa)	fs FM1 (MPa)	sc1	sc2	sc2 Rata2	Es FM1	Es Rata-rata
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	15	16	17	18	20
0	0	0	0,00000	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	1	1	0,09505	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	0,501	7,241	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004
2	2	2	0,12051	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	1,003	9,180	0,00008	0,00008	0,00008	0,00005	0,00005
3	3	3	0,09883	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	1,504	7,529	0,00012	0,00012	0,00012	0,00004	0,00004
4	4	4	0,03839	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	2,006	2,772	0,00015	0,00015	0,00015	0,00001	0,00001
5	5	5	0,05371	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	2,507	4,092	0,00019	0,00019	0,00019	0,00002	0,00002
6	6	6	0,07871	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	3,009	5,996	0,00023	0,00023	0,00023	0,00003	0,00003
7	7	7	0,16725	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	3,510	12,741	0,00027	0,00027	0,00027	0,00006	0,00006
8	8	8	0,15690	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	4,011	11,953	0,00031	0,00031	0,00031	0,00006	0,00006
9	9	9	0,19785	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	4,513	15,072	0,00035	0,00035	0,00035	0,00008	0,00008
10	10	10	0,13418	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	5,014	10,222	0,00038	0,00038	0,00038	0,00005	0,00005
11	11	11	0,13880	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	5,516	10,574	0,00042	0,00042	0,00042	0,00005	0,00005
12	12	12	0,21283	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	6,017	16,213	0,00046	0,00046	0,00046	0,00008	0,00008
13	13	13	0,28382	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	6,519	22,383	0,00050	0,00050	0,00050	0,00011	0,00011
14	14	14	0,30599	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	7,020	23,310	0,00054	0,00054	0,00054	0,00012	0,00012
15	15	15	0,40579	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	7,521	30,913	0,00058	0,00058	0,00058	0,00015	0,00015
16	16	16	0,42293	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	8,023	32,219	0,00062	0,00062	0,00062	0,00016	0,00016
17	17	17	0,47480	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	8,524	36,171	0,00065	0,00065	0,00065	0,00018	0,00018
18	18	18	0,51530	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	9,026	39,256	0,00069	0,00069	0,00069	0,00020	0,00020
19	19	19	0,73932	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	9,527	56,322	0,00073	0,00073	0,00073	0,00028	0,00028
20	20	20	0,83078	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	10,028	63,289	0,00077	0,00077	0,00077	0,00032	0,00032
21	21	21	0,99466	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	10,530	75,773	0,00081	0,00081	0,00081	0,00038	0,00038
22	22	22	1,10827	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	11,031	84,428	0,00085	0,00085	0,00085	0,00042	0,00042
23	23	23	1,30378	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	11,533	99,322	0,00088	0,00088	0,00088	0,00050	0,00050
24	24	24	1,46139	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	12,034	111,329	0,00092	0,00092	0,00092	0,00056	0,00056
25	25	25	1,55475	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	12,536	118,441	0,00096	0,00096	0,00096	0,00059	0,00059
26	26	26	1,92715	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	13,037	146,810	0,00100	0,00100	0,00100	0,00073	0,00073
27	27	27	2,08223	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	13,538	158,624	0,00104	0,00104	0,00104	0,00079	0,00079
28	28	28	2,11340	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	14,040	160,999	0,00108	0,00108	0,00108	0,00080	0,00080
29	29	29	2,11550	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	14,541	161,159	0,00112	0,00112	0,00112	0,00081	0,00081
30	30	30	2,19110	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	15,043	166,918	0,00115	0,00115	0,00115	0,00083	0,00083
31	31	31	2,20120	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	15,544	167,687	0,00119	0,00119	0,00119	0,00084	0,00084
32	32	32	2,21000	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	16,046	168,358	0,00123	0,00123	0,00123	0,00085	0,00085
33	33	33	2,23012	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	16,547	169,981	0,00127	0,00127	0,00127	0,00085	0,00085
34	34	34	2,23311	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	17,048	170,118	0,00131	0,00131	0,00131	0,00085	0,00085
35	35	35	2,41212	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	17,550	183,755	0,00135	0,00135	0,00135	0,00092	0,00092
34	34	34	2,42222	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	17,048	184,525	0,00131	0,00131	0,00131	0,00092	0,00092

33	33	33	2,44412	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	16,547	186,193	0,00127	0,00127	0,00127	0,00093	0,00093
32	32	32	2,47121	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	16,046	188,257	0,00123	0,00123	0,00123	0,00094	0,00094
31	31	31	2,71534	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	15,544	206,855	0,00119	0,00119	0,00119	0,00103	0,00103
30	30	30	3,01233	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	15,043	229,479	0,00115	0,00115	0,00115	0,00115	0,00115
28	28	28	3,31231	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	14,040	252,332	0,00108	0,00108	0,00108	0,00126	0,00126
25	25	25	3,51231	260	17420	2523,098547	19943,23	12,56637061	12,536	267,568	0,00096	0,00096	0,00096	0,00134	0,00134

Keterangan Kolom :

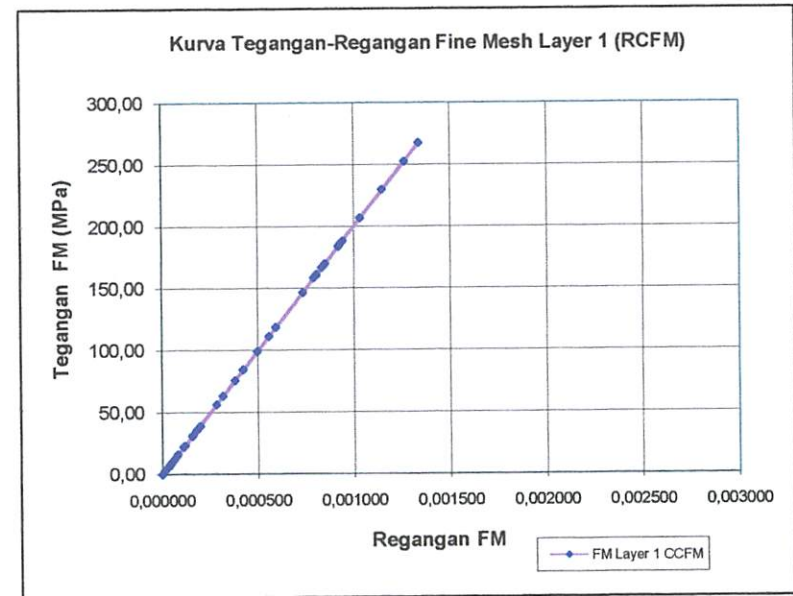
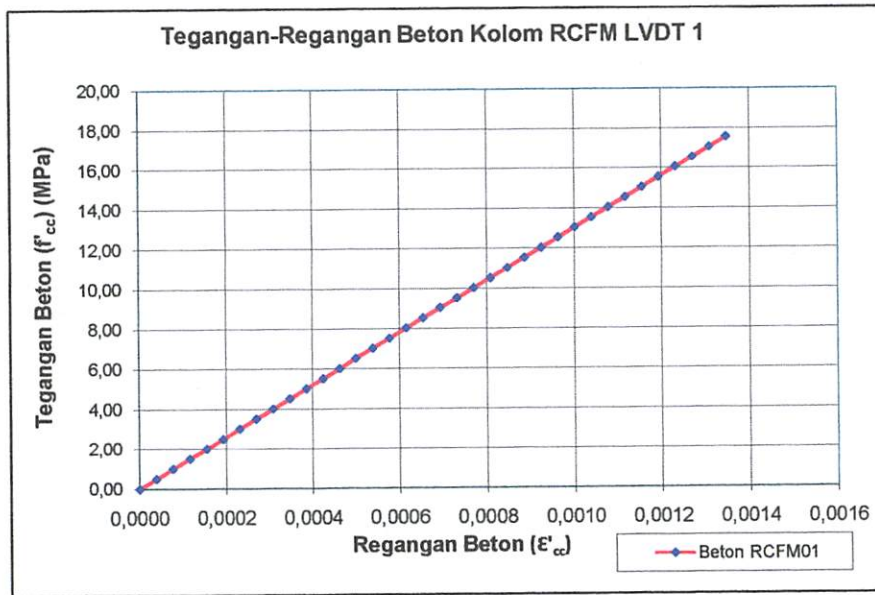
- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada LVDT 1
- 3 = Displacement pada LVDT 2
- 4 = Pembacaan regangan pada stra
- 5 = Pembacaan regangan pada stra
- 6 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan beton
- 7 = Luas penampang kolom
- 8 = Luas penampang fine mesh
- 9 = Kuat Tekan Beton
- 10 = Kuat Leleh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

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

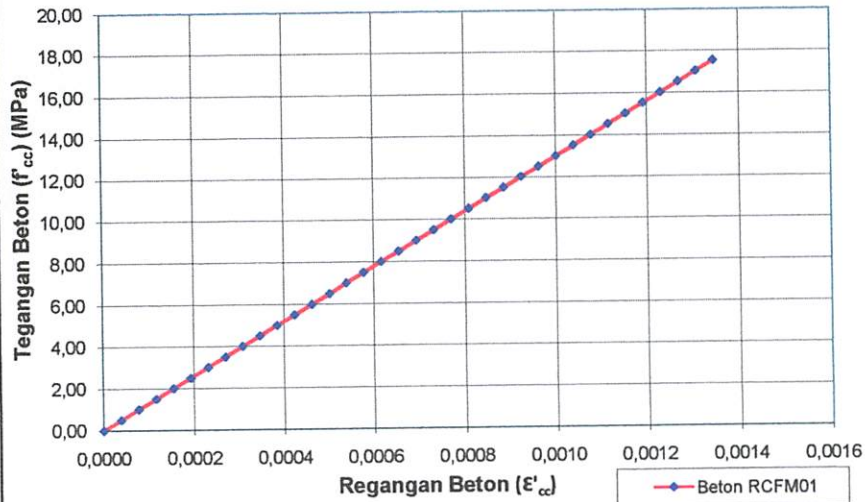
Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

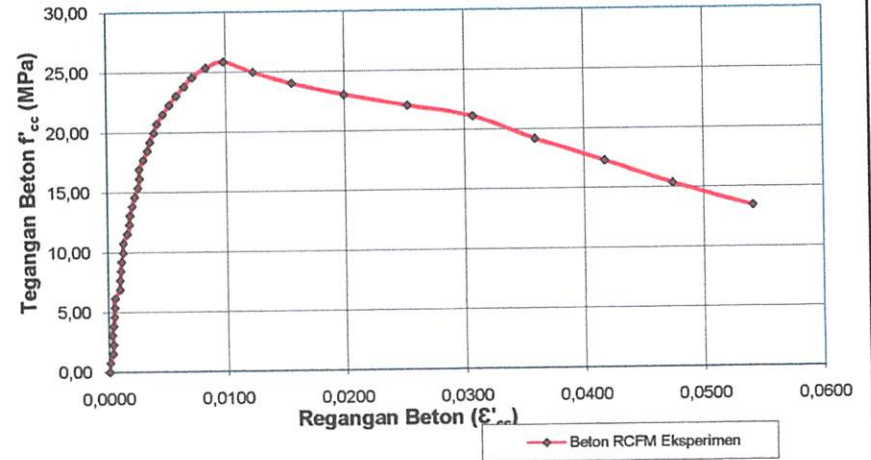
Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom



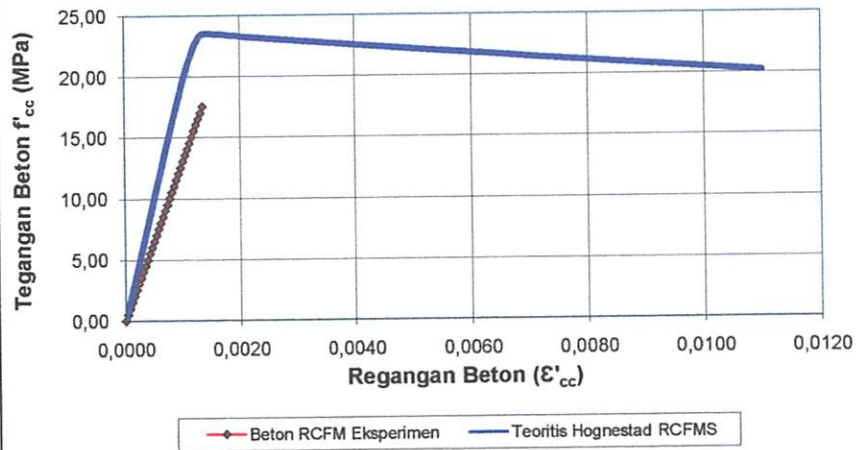
Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFM LVDT 2



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



Kurva Tegangan-Regangan Kolom CCFM Analisis Teoritis dan Eksperimen



LAMPIRAN L 4.8

GRAFIK EKSPERIMENTAL RCFMS

TABEL L4.8-A**ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (RCFMS-1)**

P (ton)	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
1	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	16900	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	16900	0,59172	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	2	260	16900	1,18343	0,00008	0,00008	7,69E-05
3	3	3	260	16900	1,77515	0,00012	0,00012	1,15E-04
4	5	4	260	16900	2,36686	0,00019	0,00015	1,73E-04
5	6	5	260	16900	2,95858	0,00023	0,00019	2,12E-04
6	7	6	260	16900	3,55030	0,00027	0,00023	2,50E-04
7	8	7	260	16900	4,14201	0,00031	0,00027	2,88E-04
8	9	8	260	16900	4,73373	0,00035	0,00031	3,27E-04
9	10	9	260	16900	5,32544	0,00038	0,00035	3,65E-04
10	10	10	260	16900	5,91716	0,00038	0,00038	3,85E-04
11	11	12	260	16900	6,50888	0,00042	0,00046	4,42E-04
12	12	12	260	16900	7,10059	0,00046	0,00046	4,62E-04
13	13	13	260	16900	7,69231	0,00050	0,00050	5,00E-04
14	15	14	260	16900	8,28402	0,00058	0,00054	5,58E-04
15	17	16	260	16900	8,87574	0,00065	0,00062	6,35E-04
16	19	18	260	16900	9,46746	0,00073	0,00069	7,12E-04
17	21	20	260	16900	10,05917	0,00081	0,00077	7,88E-04
18	23	22	260	16900	10,65089	0,00088	0,00085	8,65E-04
19	25	24	260	16900	11,24260	0,00096	0,00092	9,42E-04
20	26	25	260	16900	11,83432	0,00100	0,00096	9,81E-04
21	27	26	260	16900	12,42604	0,00104	0,00100	1,02E-03
22	28	27	260	16900	13,01775	0,00108	0,00104	1,06E-03
23	29	28	260	16900	13,60947	0,00112	0,00108	1,10E-03
24	30	29	260	16900	14,20118	0,00115	0,00112	1,13E-03
25	32	31	260	16900	14,79290	0,00123	0,00119	1,21E-03
26	34	33	260	16900	15,38462	0,00131	0,00127	1,29E-03
27	35	34	260	16900	15,97633	0,00135	0,00131	1,33E-03
28	37	36	260	16900	16,56805	0,00142	0,00138	1,40E-03
29	39	38	260	16900	17,15976	0,00150	0,00146	1,48E-03
30	40	39	260	16900	17,75148	0,00154	0,00150	1,52E-03
31	42	41	260	16900	18,34320	0,00162	0,00158	1,60E-03
32	44	43	260	16900	18,93491	0,00169	0,00165	1,67E-03
33	46	47	260	16900	19,52663	0,00177	0,00181	1,79E-03
34	48	49	260	16900	20,11834	0,00185	0,00188	1,87E-03
35	50	51	260	16900	20,71006	0,00192	0,00196	1,94E-03
34	85	84	260	16900	20,11834	0,00327	0,00323	3,25E-03
33	110	115	260	16900	19,52663	0,00423	0,00442	4,33E-03
32	150	157	260	16900	18,93491	0,00577	0,00604	5,90E-03
31	180	178	260	16900	18,34320	0,00692	0,00685	6,88E-03
30	221	220	260	16900	17,75148	0,00850	0,00846	8,48E-03
28	250	247	260	16900	16,56805	0,00962	0,00950	9,56E-03

Penerangan 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

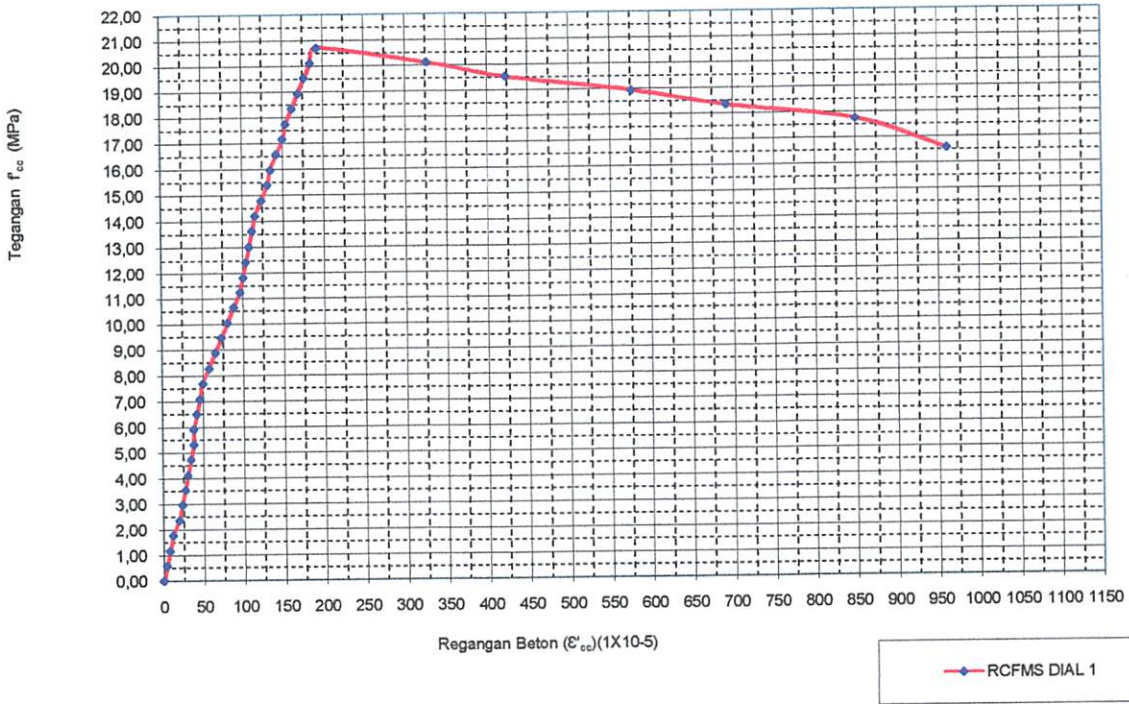
9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

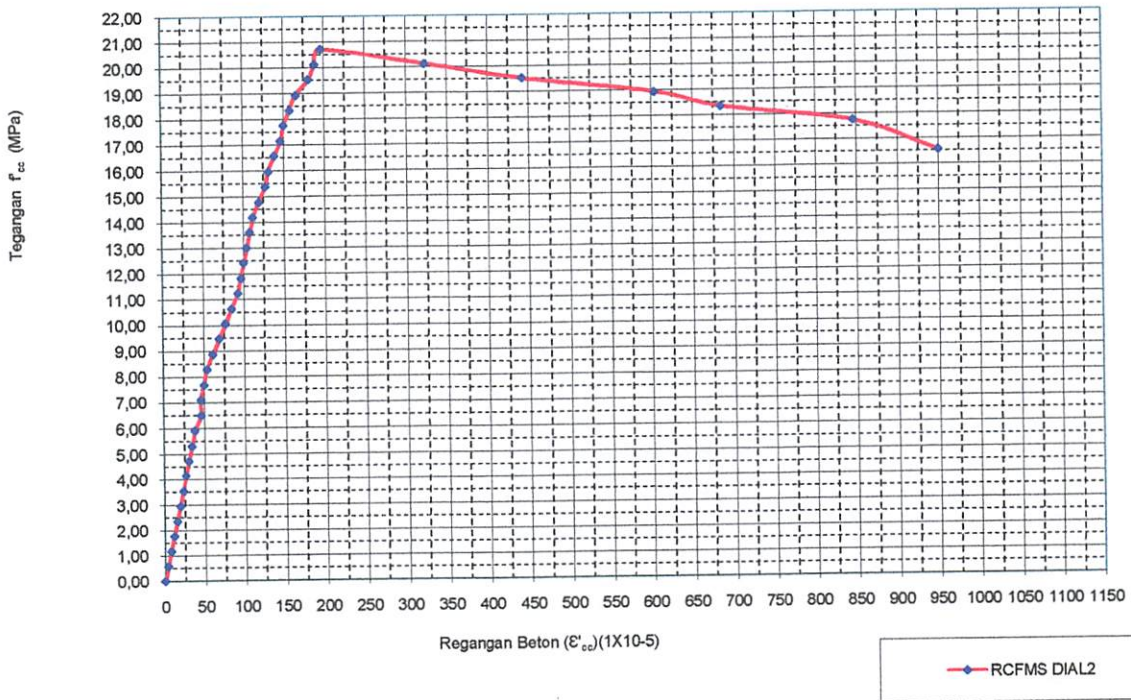
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

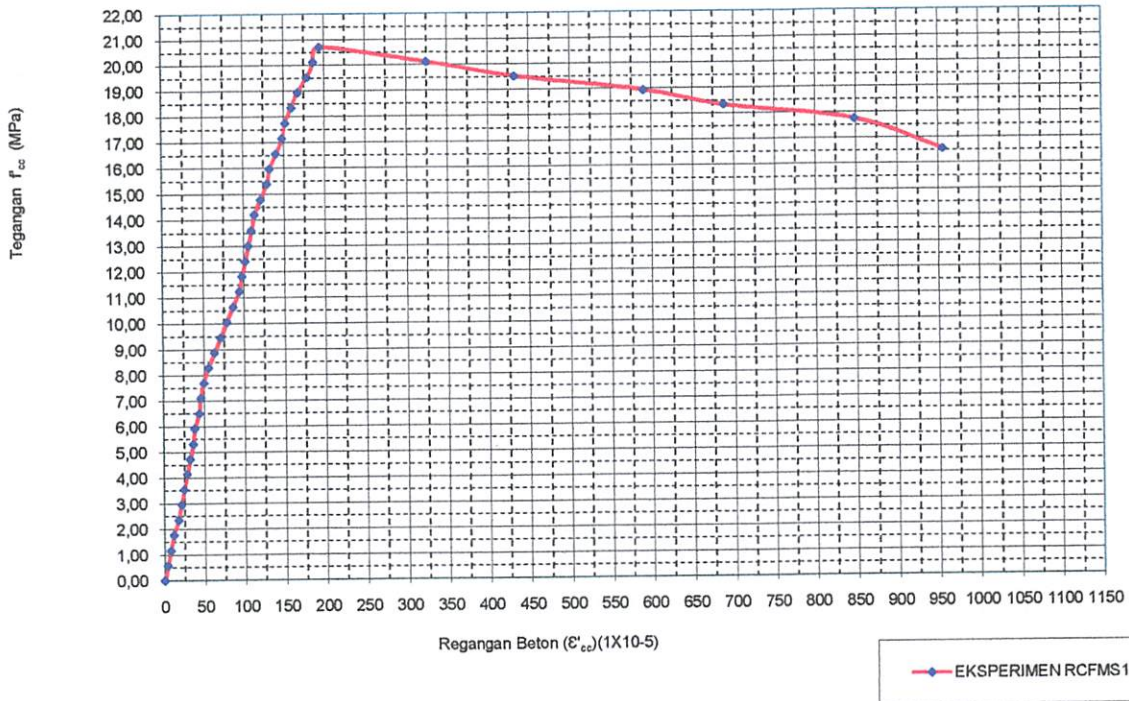
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFMS1 DIAL 1



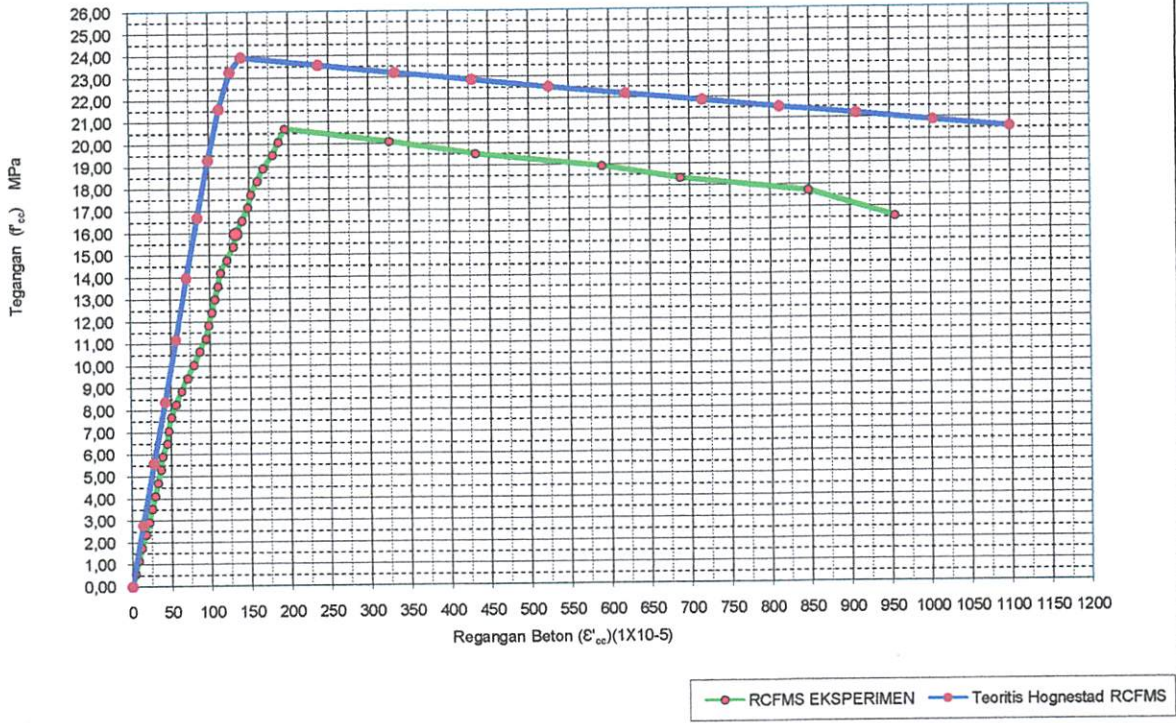
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFMS1 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFMS1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (RCFMS1)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL L4.8-B**ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (RCFMS-2)**

P (ton)	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
1	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	16900	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	16900	0,59172	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	2	260	16900	1,18343	0,00008	0,00008	7,69E-05
3	3	3	260	16900	1,77515	0,00012	0,00012	1,15E-04
4	5	4	260	16900	2,36686	0,00019	0,00015	1,73E-04
5	6	5	260	16900	2,95858	0,00023	0,00019	2,12E-04
6	7	6	260	16900	3,55030	0,00027	0,00023	2,50E-04
7	8	7	260	16900	4,14201	0,00031	0,00027	2,88E-04
8	9	8	260	16900	4,73373	0,00035	0,00031	3,27E-04
9	10	9	260	16900	5,32544	0,00038	0,00035	3,65E-04
10	10	10	260	16900	5,91716	0,00038	0,00038	3,85E-04
11	11	12	260	16900	6,50888	0,00042	0,00046	4,42E-04
12	12	12	260	16900	7,10059	0,00046	0,00046	4,62E-04
13	13	13	260	16900	7,69231	0,00050	0,00050	5,00E-04
14	15	14	260	16900	8,28402	0,00058	0,00054	5,58E-04
15	17	16	260	16900	8,87574	0,00065	0,00062	6,35E-04
16	19	18	260	16900	9,46746	0,00073	0,00069	7,12E-04
17	21	20	260	16900	10,05917	0,00081	0,00077	7,88E-04
18	23	22	260	16900	10,65089	0,00088	0,00085	8,65E-04
19	25	24	260	16900	11,24260	0,00096	0,00092	9,42E-04
20	26	25	260	16900	11,83432	0,00100	0,00096	9,81E-04
21	27	26	260	16900	12,42604	0,00104	0,00100	1,02E-03
22	28	27	260	16900	13,01775	0,00108	0,00104	1,06E-03
23	29	28	260	16900	13,60947	0,00112	0,00108	1,10E-03
24	30	29	260	16900	14,20118	0,00115	0,00112	1,13E-03
25	32	31	260	16900	14,79290	0,00123	0,00119	1,21E-03
26	34	33	260	16900	15,38462	0,00131	0,00127	1,29E-03
27	35	34	260	16900	15,97633	0,00135	0,00131	1,33E-03
28	37	36	260	16900	16,56805	0,00142	0,00138	1,40E-03
29	39	38	260	16900	17,15976	0,00150	0,00146	1,48E-03
30	40	39	260	16900	17,75148	0,00154	0,00150	1,52E-03
31	42	41	260	16900	18,34320	0,00162	0,00158	1,60E-03
32	44	43	260	16900	18,93491	0,00169	0,00165	1,67E-03
33	46	47	260	16900	19,52663	0,00177	0,00181	1,79E-03
34	48	49	260	16900	20,11834	0,00185	0,00188	1,87E-03
33,8	82	85	260	16900	20,00000	0,00315	0,00327	3,21E-03
32	110	109	260	16900	18,93491	0,00423	0,00419	4,21E-03
31	150	149	260	16900	18,34320	0,00577	0,00573	5,75E-03
30	180	181	260	16900	17,75148	0,00692	0,00696	6,94E-03
29	221	223	260	16900	17,15976	0,00850	0,00858	8,54E-03
27	250	251	260	16900	15,97633	0,00962	0,00965	9,63E-03

Peterangan 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

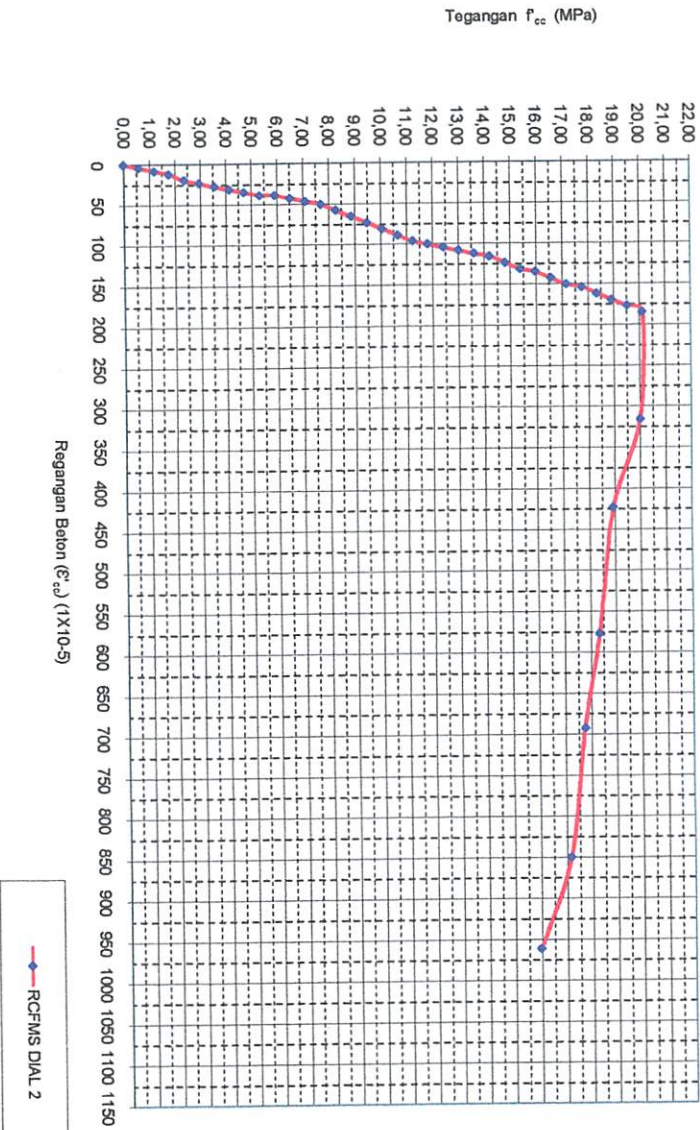
7 = Regangan beton pada DIAL1

8 = Regangan beton pada DIAL 2

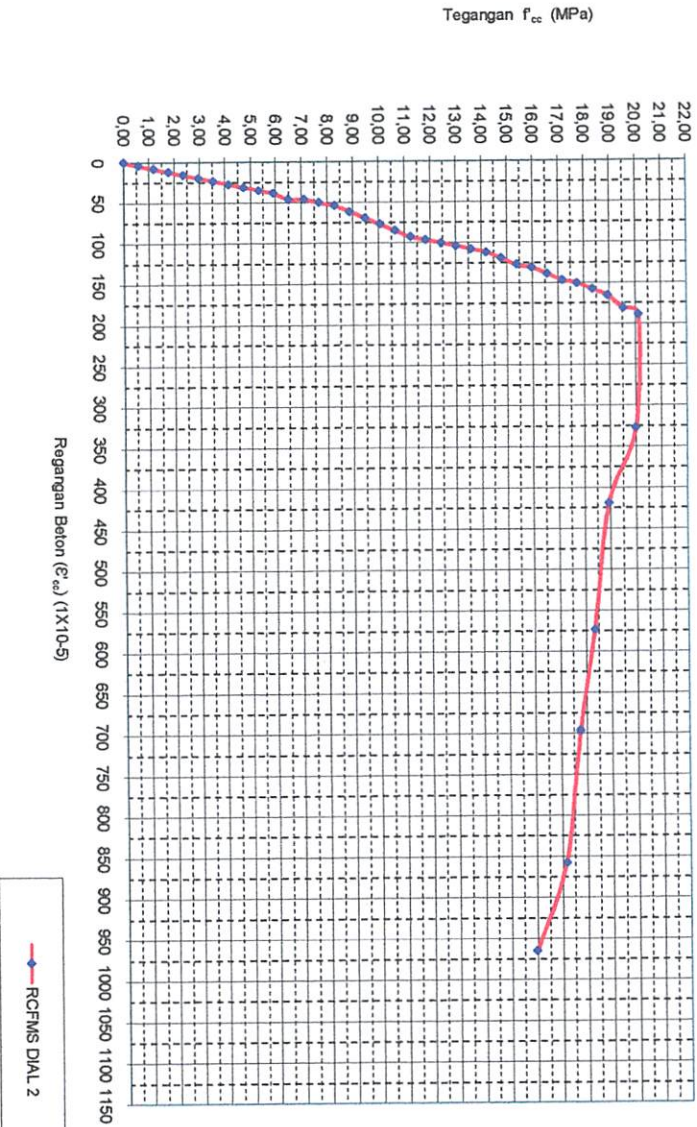
9 = Regangan beton rata-rata

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**

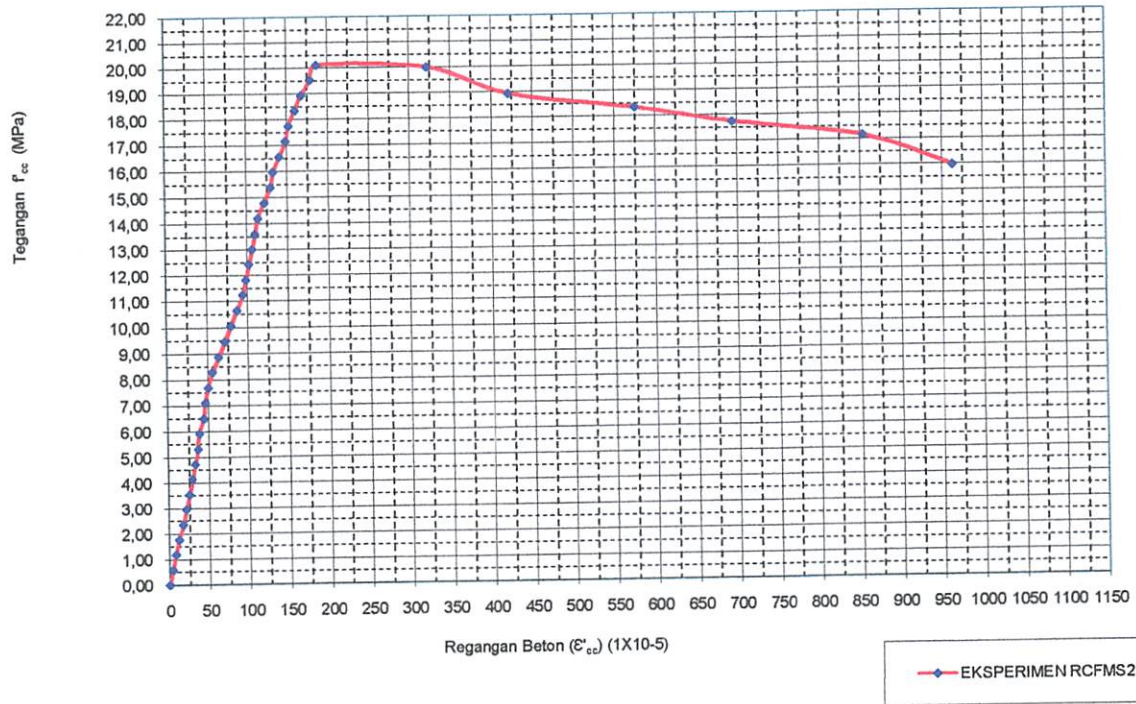
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFMS2 DIAL 1



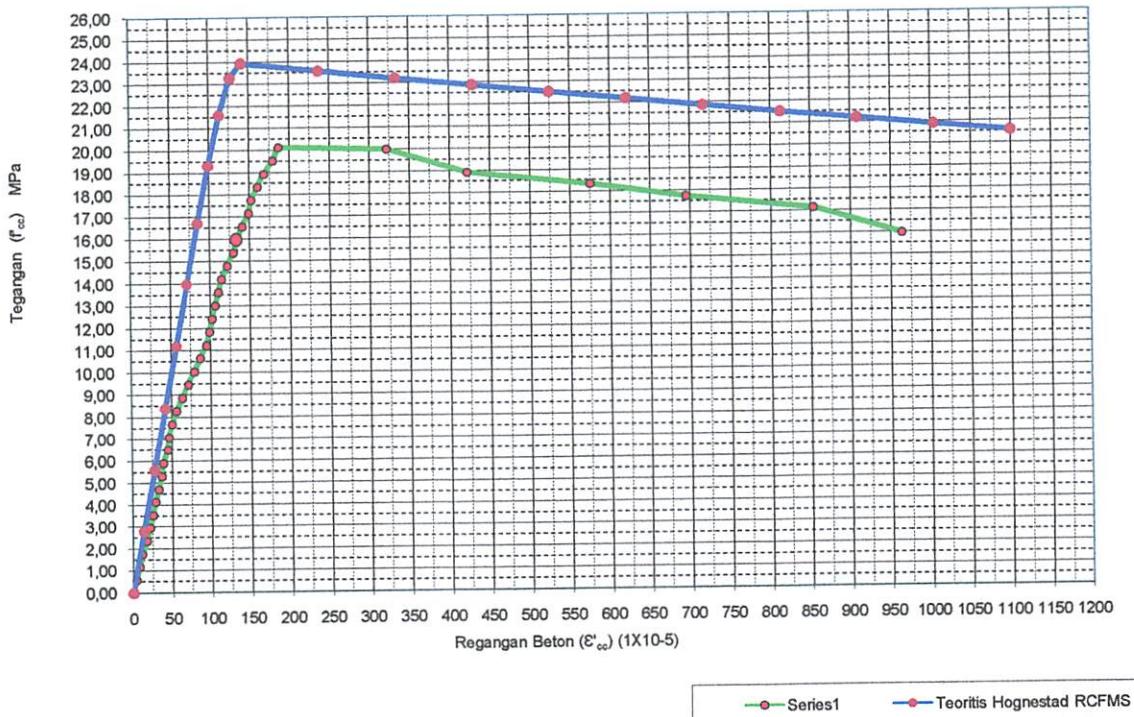
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFMS2 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFMS1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (RCFMS1) Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL L4.8-C

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (RCFMSB-1)

P (ton)	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
1	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	16900	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	16900	0,59172	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	2	260	16900	1,18343	0,00008	0,00008	7,69E-05
3	3	3	260	16900	1,77515	0,00012	0,00012	1,15E-04
4	5	4	260	16900	2,36686	0,00019	0,00015	1,73E-04
5	6	5	260	16900	2,95858	0,00023	0,00019	2,12E-04
6	7	6	260	16900	3,55030	0,00027	0,00023	2,50E-04
7	8	7	260	16900	4,14201	0,00031	0,00027	2,88E-04
8	9	7	260	16900	4,73373	0,00035	0,00027	3,08E-04
9	10	8	260	16900	5,32544	0,00038	0,00031	3,46E-04
10	10	10	260	16900	5,91716	0,00038	0,00038	3,85E-04
11	11	12	260	16900	6,50888	0,00042	0,00046	4,42E-04
12	12	12	260	16900	7,10059	0,00046	0,00046	4,62E-04
13	12	12	260	16900	7,69231	0,00046	0,00046	4,62E-04
14	15	15	260	16900	8,28402	0,00058	0,00058	5,77E-04
15	18	17	260	16900	8,87574	0,00069	0,00065	6,73E-04
16	20	19	260	16900	9,46746	0,00077	0,00073	7,50E-04
17	22	21	260	16900	10,05917	0,00085	0,00081	8,27E-04
18	24	23	260	16900	10,65089	0,00092	0,00088	9,04E-04
19	26	25	260	16900	11,24260	0,00100	0,00096	9,81E-04
20	27	26	260	16900	11,83432	0,00104	0,00100	1,02E-03
21	28	27	260	16900	12,42604	0,00108	0,00104	1,06E-03
22	29	28	260	16900	13,01775	0,00112	0,00108	1,10E-03
23	30	29	260	16900	13,60947	0,00115	0,00112	1,13E-03
24	31	30	260	16900	14,20118	0,00119	0,00115	1,17E-03
25	33	32	260	16900	14,79290	0,00127	0,00123	1,25E-03
26	35	34	260	16900	15,38462	0,00135	0,00131	1,33E-03
27	36	35	260	16900	15,97633	0,00138	0,00135	1,37E-03
28	38	37	260	16900	16,56805	0,00146	0,00142	1,44E-03
29	40	39	260	16900	17,15976	0,00154	0,00150	1,52E-03
30	41	40	260	16900	17,75148	0,00158	0,00154	1,56E-03
31	43	42	260	16900	18,34320	0,00165	0,00162	1,63E-03
32	45	44	260	16900	18,93491	0,00173	0,00169	1,71E-03
33	47	48	260	16900	19,52663	0,00181	0,00185	1,83E-03
34	49	50	260	16900	20,11834	0,00188	0,00192	1,90E-03
35	52	53	260	16900	20,71006	0,00200	0,00204	2,02E-03
34	86	85	260	16900	20,11834	0,00331	0,00327	3,29E-03
33	111	116	260	16900	19,52663	0,00427	0,00446	4,37E-03
32	151	158	260	16900	18,93491	0,00581	0,00608	5,94E-03
31	181	179	260	16900	18,34320	0,00696	0,00688	6,92E-03
30	222	221	260	16900	17,75148	0,00854	0,00850	8,52E-03
28	251	248	260	16900	16,56805	0,00965	0,00954	9,60E-03

Keterangan Kolom :

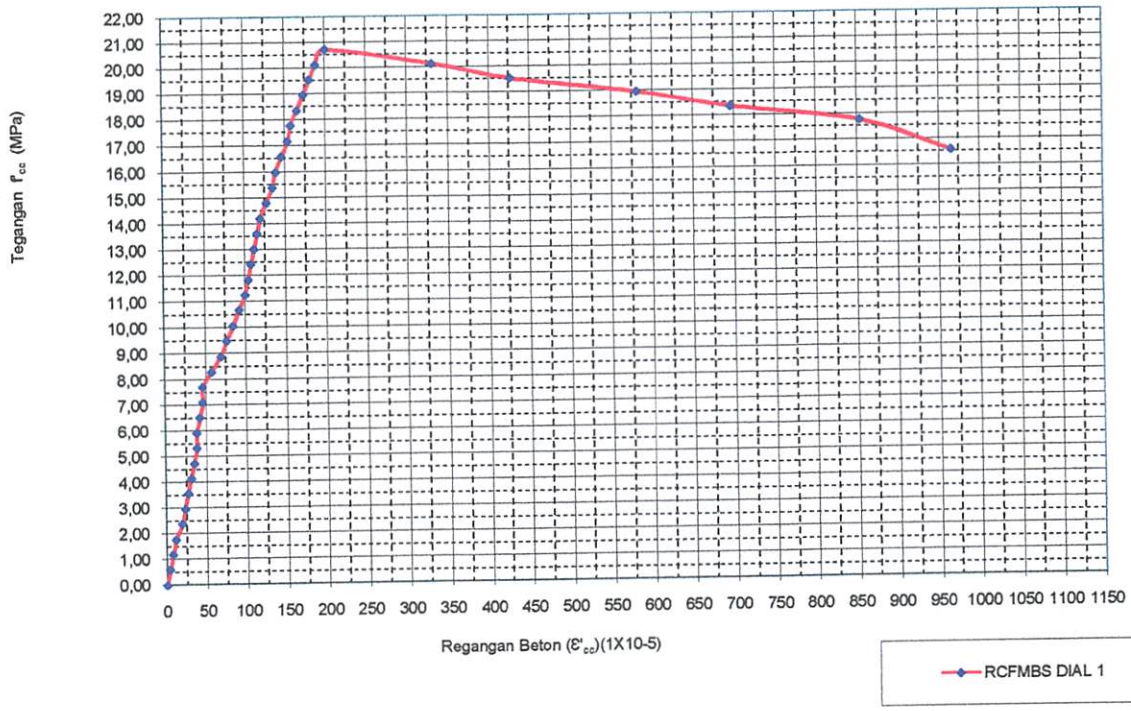
- | | |
|--|--------------------------------|
| 1 = Beban Aksial | 6 = Kuat Tekan Beton |
| 2 = Displacement pada DIAL 1 | 7 = Regangan beton pada DIAL 1 |
| 3 = Displacement pada DIAL 2 | 8 = Regangan beton pada DIAL 2 |
| 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan | 9 = Regangan beton rata-rata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

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

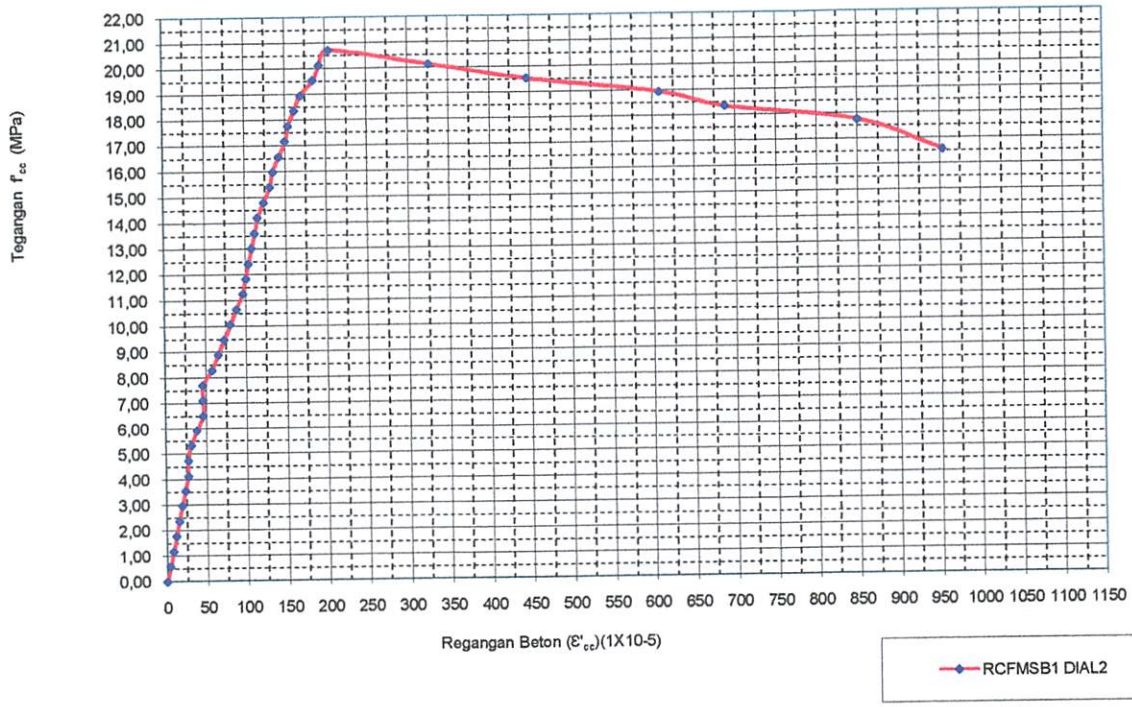
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

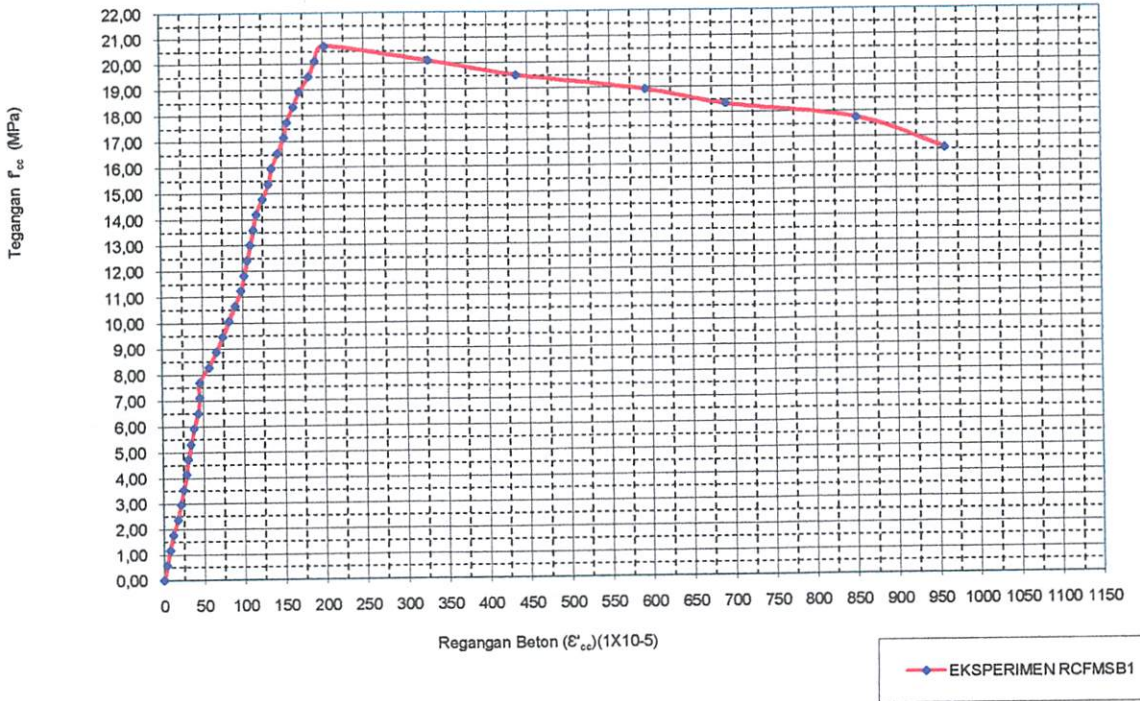
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFMSB1 DIAL 1



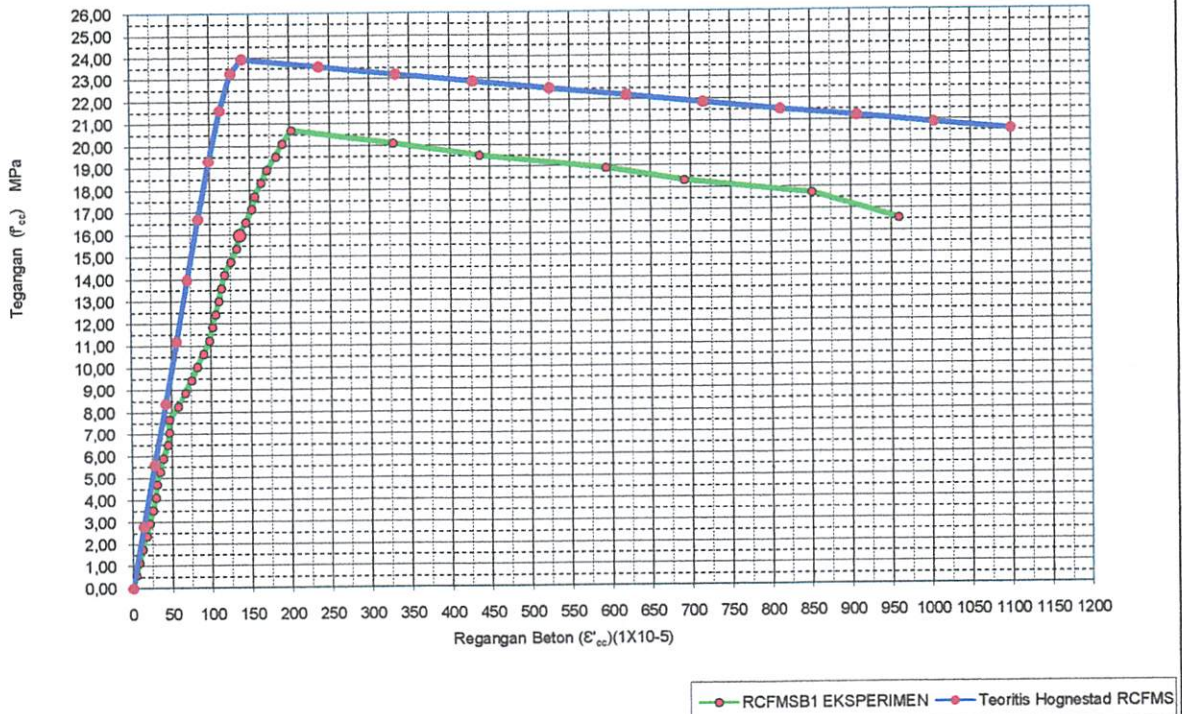
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFMSB1 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFMSB1



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (RCFMS1)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL L4.8-D

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON (RCFMSB-2)

P (ton)	DIAL 1 (mm)	DIAL 2 (mm)	L (mm)	A _g (mm ²)	f _c (Mpa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _c rata-rata
1	2	3	4	5	8	9	10	11
0	0	0	260	16900	0,00000	0,00000	0,00000	0
1	1	1	260	16900	0,59172	0,00004	0,00004	3,85E-05
2	2	2	260	16900	1,18343	0,00008	0,00008	7,69E-05
3	3	3	260	16900	1,77515	0,00012	0,00012	1,15E-04
4	5	4	260	16900	2,36686	0,00019	0,00015	1,73E-04
5	6	5	260	16900	2,95858	0,00023	0,00019	2,12E-04
6	7	6	260	16900	3,55030	0,00027	0,00023	2,50E-04
7	8	7	260	16900	4,14201	0,00031	0,00027	2,88E-04
8	9	7	260	16900	4,73373	0,00035	0,00027	3,08E-04
9	10	8	260	16900	5,32544	0,00038	0,00031	3,46E-04
10	11	10	260	16900	5,91716	0,00042	0,00038	4,04E-04
11	12	12	260	16900	6,50888	0,00046	0,00046	4,62E-04
12	13	12	260	16900	7,10059	0,00050	0,00046	4,81E-04
13	13	12	260	16900	7,69231	0,00050	0,00046	4,81E-04
14	16	15	260	16900	8,28402	0,00062	0,00058	5,96E-04
15	19	18	260	16900	8,87574	0,00073	0,00069	7,12E-04
16	21	20	260	16900	9,46746	0,00081	0,00077	7,88E-04
17	23	22	260	16900	10,05917	0,00088	0,00085	8,65E-04
18	25	24	260	16900	10,65089	0,00096	0,00092	9,42E-04
19	27	26	260	16900	11,24260	0,00104	0,00100	1,02E-03
20	28	27	260	16900	11,83432	0,00108	0,00104	1,06E-03
21	29	28	260	16900	12,42604	0,00112	0,00108	1,10E-03
22	30	29	260	16900	13,01775	0,00115	0,00112	1,13E-03
23	31	30	260	16900	13,60947	0,00119	0,00115	1,17E-03
24	32	31	260	16900	14,20118	0,00123	0,00119	1,21E-03
25	34	33	260	16900	14,79290	0,00131	0,00127	1,29E-03
26	36	35	260	16900	15,38462	0,00138	0,00135	1,37E-03
27	37	36	260	16900	15,97633	0,00142	0,00138	1,40E-03
28	39	38	260	16900	16,56805	0,00150	0,00146	1,48E-03
29	41	40	260	16900	17,15976	0,00158	0,00154	1,56E-03
30	42	41	260	16900	17,75148	0,00162	0,00158	1,60E-03
31	44	43	260	16900	18,34320	0,00169	0,00165	1,67E-03
32	46	45	260	16900	18,93491	0,00177	0,00173	1,75E-03
33	48	47	260	16900	19,52663	0,00185	0,00181	1,83E-03
34	50	51	260	16900	20,11834	0,00192	0,00196	1,94E-03
34,5	52	54	260	16900	20,41420	0,00200	0,00208	2,04E-03
33	87	86	260	16900	19,52663	0,00335	0,00331	3,33E-03
32	112	117	260	16900	18,93491	0,00431	0,00450	4,40E-03
31	152	159	260	16900	18,34320	0,00585	0,00612	5,98E-03
30	182	180	260	16900	17,75148	0,00700	0,00692	6,96E-03
28	223	222	260	16900	16,56805	0,00858	0,00854	8,56E-03
27	252	249	260	16900	15,97633	0,00969	0,00958	9,63E-03

eterangan Kolom :

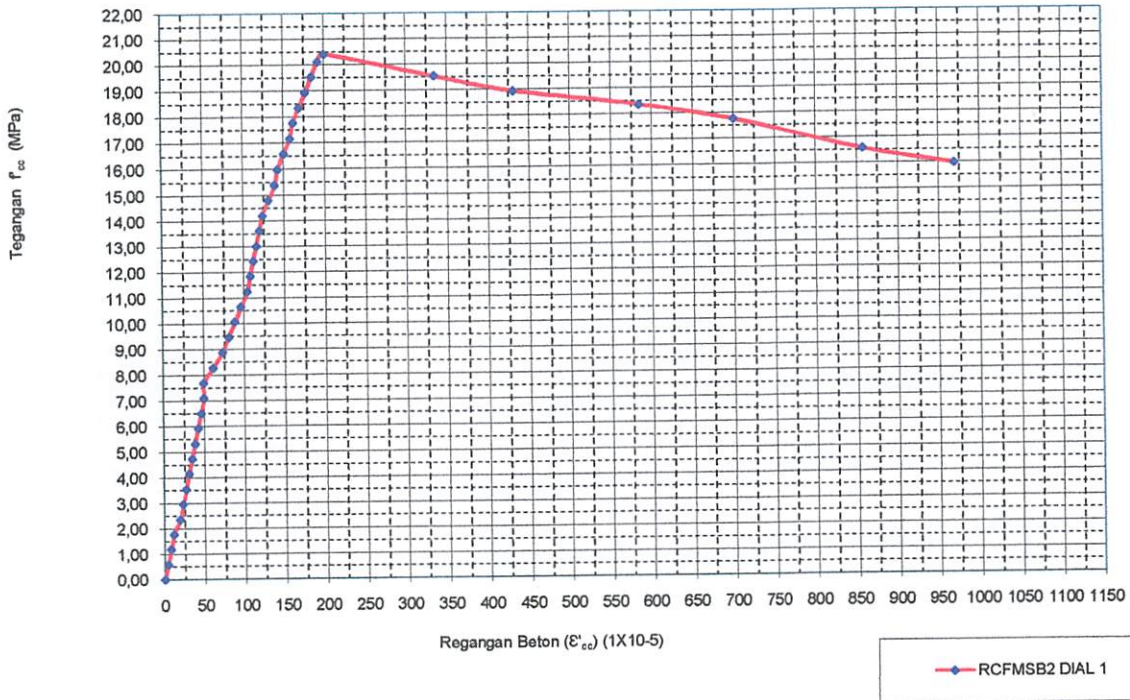
- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada DIAL 1
- 3 = Displacement pada DIAL 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan
- 5 = Luas penampang beton
- 6 = Kuat Tekan Beton
- 7 = Regangan beton pada DIAL1
- 8 = Regangan beton pada DIAL 2
- 9 = Regangan beton rata-rata

Baris Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

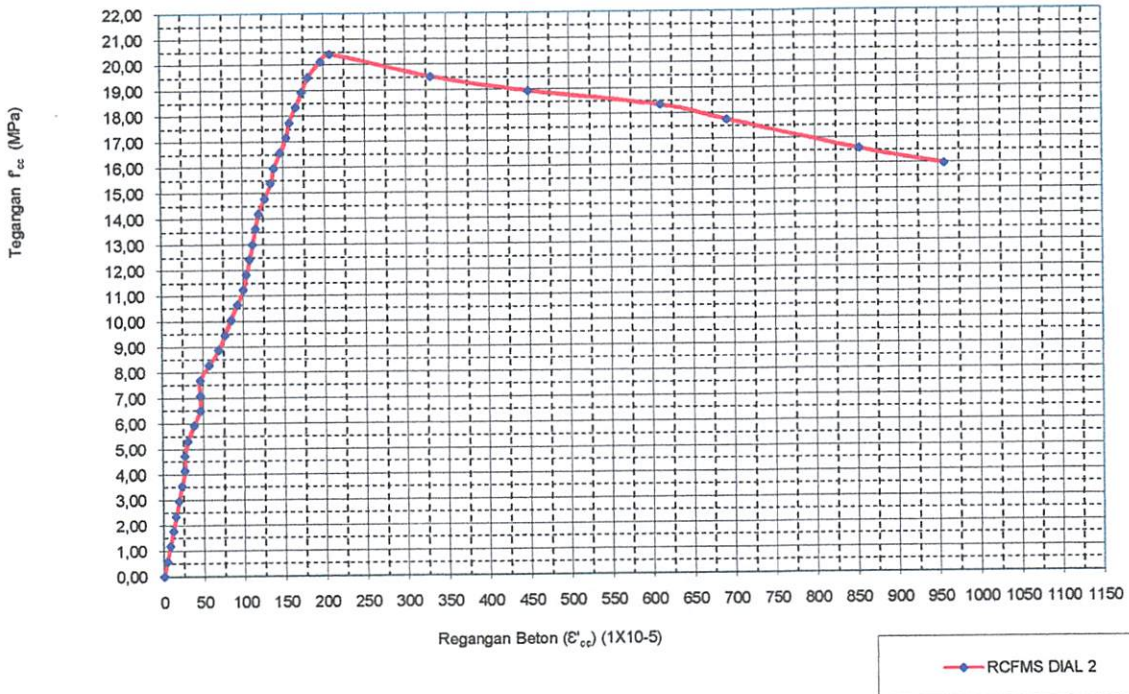
Baris Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

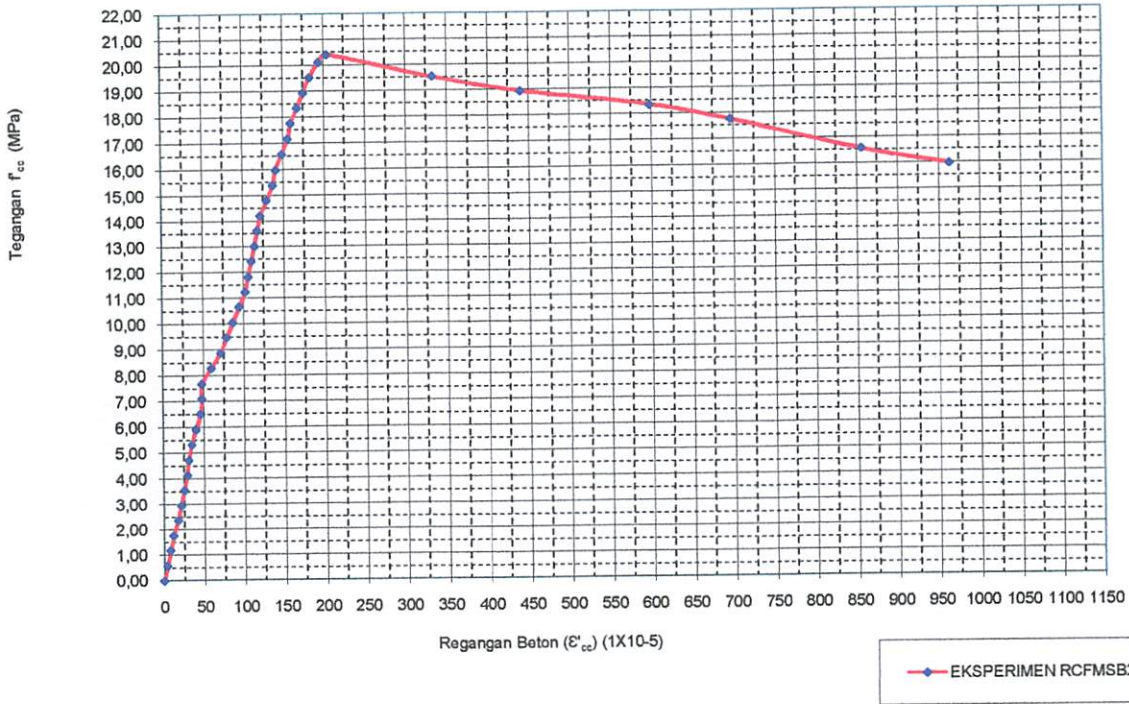
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFMSB2 DIAL 1



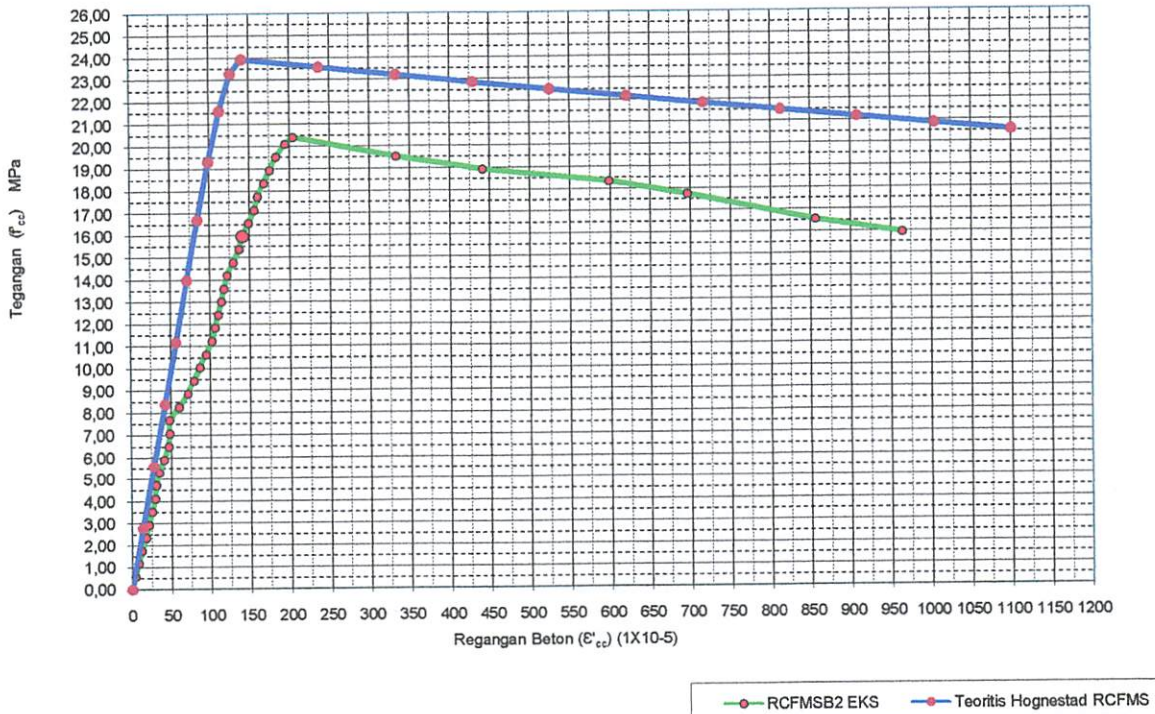
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFMS2 DIAL 2



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCFMSB2



Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (RCFMSB2)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL RATA-RATA RCFMS

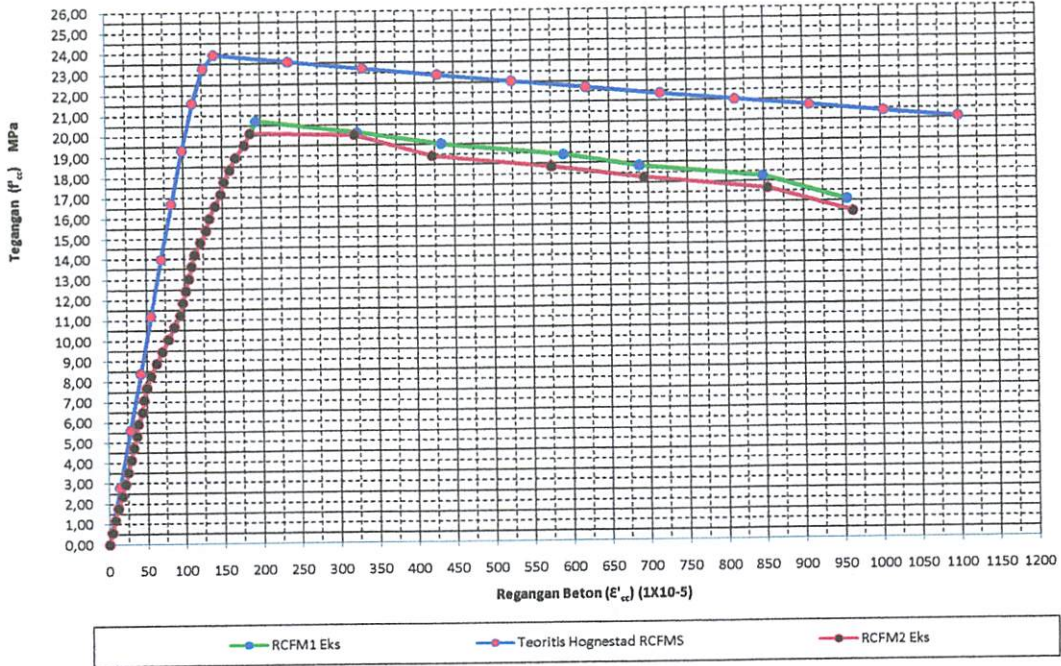
f'_c (Mpa)	ϵ_c rata-rata
1	2
0,00000	0,0000000
0,59172	0,0000385
1,18343	0,0000769
1,77515	0,0001154
2,36686	0,0001731
2,95858	0,0002115
3,55030	0,0002500
4,14201	0,0002885
4,73373	0,0003269
5,32544	0,0003654
5,91716	0,0003846
6,50888	0,0004423
7,10059	0,0004615
7,69231	0,0005000
8,28402	0,0005577
8,87574	0,0006346
9,46746	0,0007115
10,05917	0,0007885
10,65089	0,0008654
11,24260	0,0009423
11,83432	0,0009808
12,42604	0,0010192
13,01775	0,0010577
13,60947	0,0010962
14,20118	0,0011346
14,79290	0,0012115
15,38462	0,0012885
15,97633	0,0013269
16,56805	0,0014038
17,15976	0,0014808
17,75148	0,0015192
18,34320	0,0015962
18,93491	0,0016731
19,52663	0,0017885
20,11834	0,0018654
20,35503	0,0025769
19,52663	0,0037308
18,93491	0,0050385
18,34320	0,0064231
17,75148	0,0077115
16,86391	0,0090577

P Maks
34,50

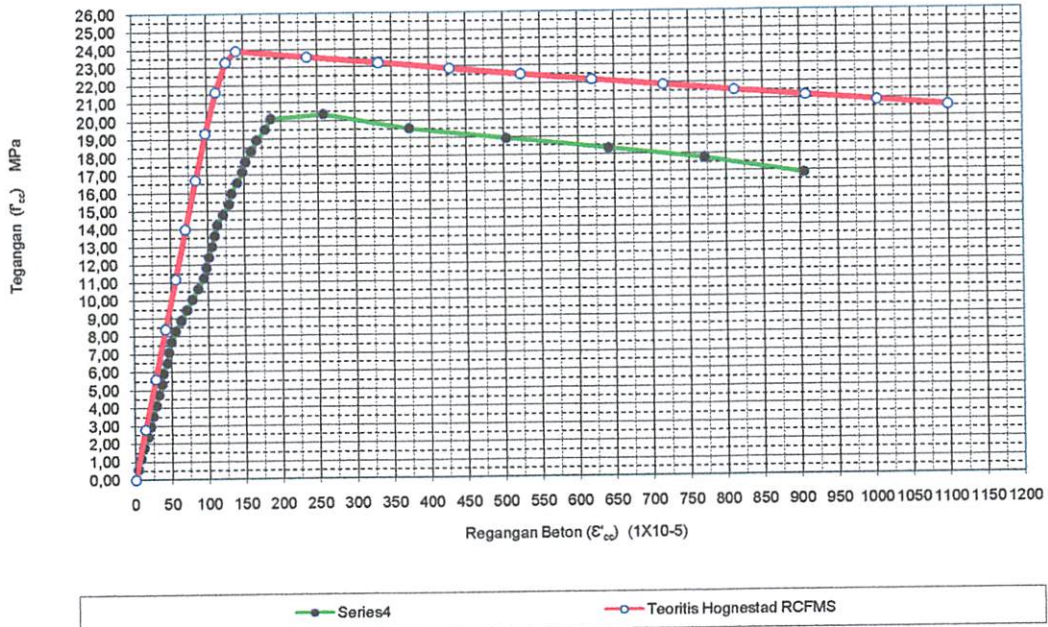
f'_c (Mpa)	ϵ_c rata-rata
1	2
0,00000	0,0000000
0,59172	0,0000385
1,18343	0,0000769
1,77515	0,0001154
2,36686	0,0001731
2,95858	0,0002115
3,55030	0,0002500
4,14201	0,0002885
4,73373	0,0003077
5,32544	0,0003462
5,91716	0,0003942
6,50888	0,0004519
7,10059	0,0004712
7,69231	0,0004712
8,28402	0,0005865
8,87574	0,0006923
9,46746	0,0007692
10,05917	0,0008462
10,65089	0,0009231
11,24260	0,0010000
11,83432	0,0010385
12,42604	0,0010769
13,01775	0,0011154
13,60947	0,0011538
14,20118	0,0011923
14,79290	0,0012692
15,38462	0,0013462
15,97633	0,0013846
16,56805	0,0014615
17,15976	0,0015385
17,75148	0,0015769
18,34320	0,0016538
18,93491	0,0017308
19,52663	0,0018269
20,11834	0,0019231
20,56213	0,0020288
19,82249	0,0033077
19,23077	0,0043846
18,63905	0,0059615
18,04734	0,0069423
17,15976	0,0085385
16,27219	0,0096154

P Maks
34,75

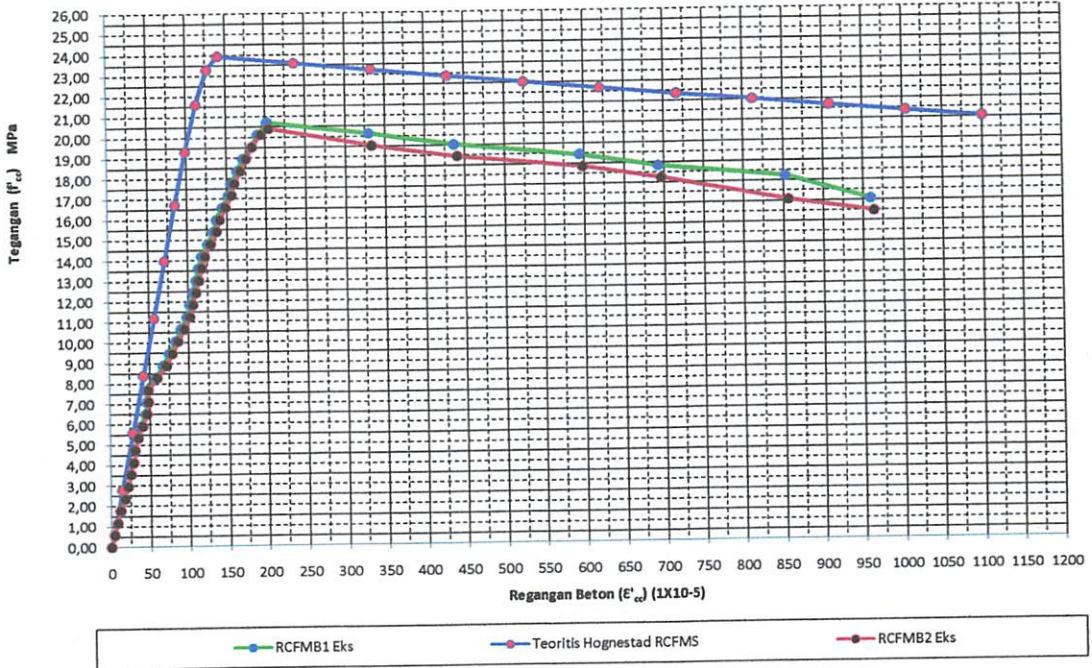
Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (RCFMS)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



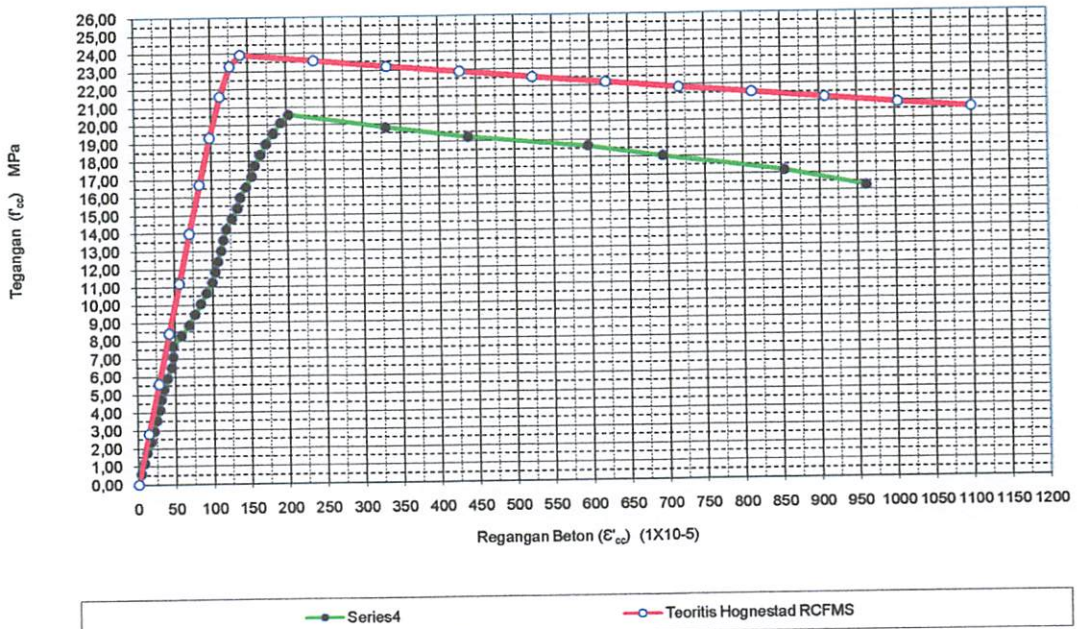
Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (RCFMS)
Analisis Teoritis dan Eksperimen Rata-Rata



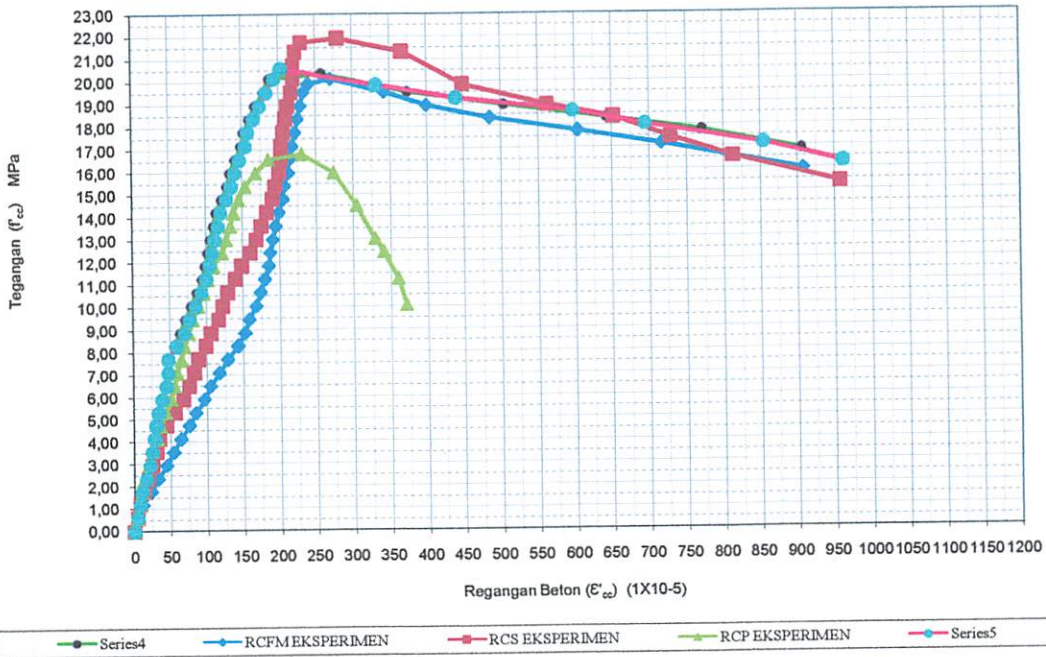
Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (RCFMSB)
Analisis Teoritis dan Eksperimen



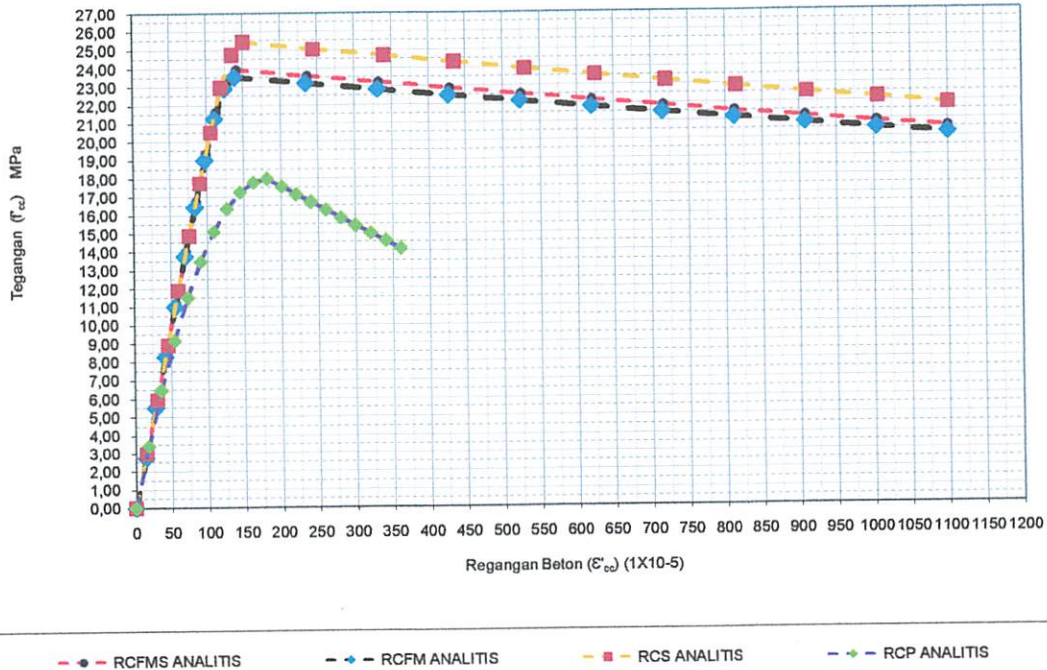
Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton (RCFMSB)
Analisis Teoritis dan Eksperimen Rata-Rata



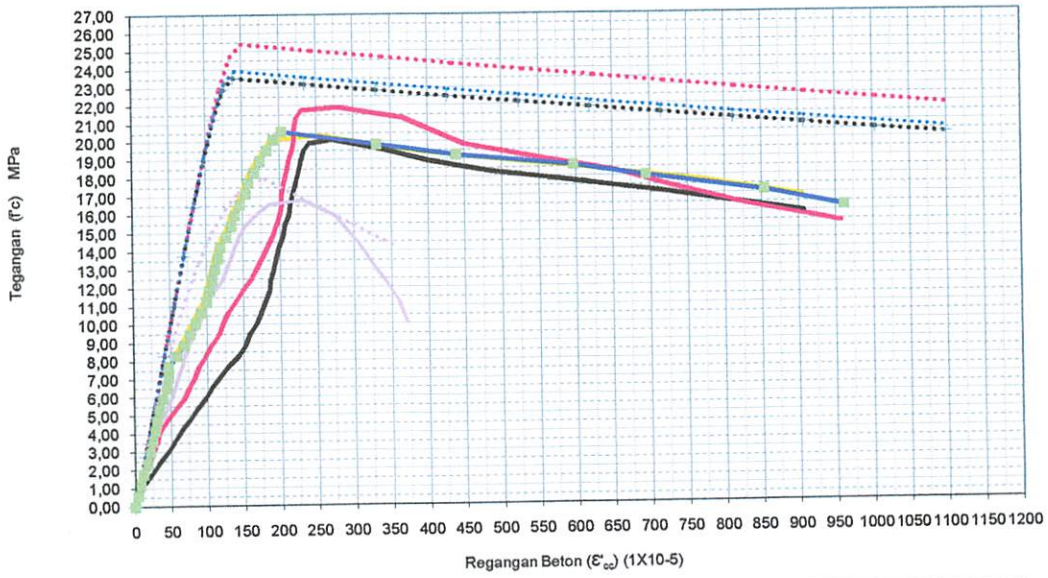
Kurva Tegangan Regangan Kolom GABUNGAN
Analisis Eksperimen Rata-Rata



Kurva Tegangan Regangan Kolom GABUNGAN
Analisis Teoritis Rata-Rata



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



- | | | |
|---------------------|----------------------|---------------------|
| — RCFMS EKSPERIMEN | — RCFM EKSPERIMEN | — RCS EKSPERIMEN |
| — RCP EKSPERIMEN | — RCS ANALITIS | — RCP ANALITIS |
| RCFM ANALITIS | RCFMS ANALITIS | — RCFMSB EKSPERIMEN |

Tabel L4.9
Perbandingan tegangan-regangan analisa eksperimen dan Teoritis

No.	Tipe Kolom	ρ_s	ρ_{fm}	Teoritis			Eksperimen			Perbedaan (%)		
				f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}	f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}	f'_{cc}	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}
1	RCP	-	-	17,97	0,00180	0,00380	16,80	0,00231	0,00370	6,47	-27,94	2,58
2	RCS	0,016292571	-	25,42	0,00615	0,03403	21,89	0,00280	0,00957	13,87	54,49	71,89
3	RCFM	-	0,0058	23,54	0,00510	0,02826	20,12	0,00270	0,00908	14,55	47,06	67,89
4	RCFMS(A)	0,013042857	-	23,93	0,00532	0,02954	20,36	0,00258	0,00906	14,95	51,57	69,33
5	RCFMS(B)	0,013042857	-	23,93	0,00532	0,02954	20,56	0,00203	0,00962	14,08	61,87	67,44



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

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

NI (PERSERO) MALANG
ANK NIAGA 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

mor : ITN- 0305.01/21/B/TA/II/Gnp 2012
mpiran : -
ihial : **Bimbingan Skripsi**

03 Mei 2012

pada Yth : **Bpk./ Ibu Ir. Togi H. Nainggolan, MS**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang
Di –

MALANG

Dengan Hormat,

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

Nama : **Ratih Prawirawati**
Nim : **07 21 041**
Prodi : **Teknik Sipil (S-1)**

Untuk dapat Membimbing Skripsi dan Mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :
“Studi Penelitian Perkuatan Kolom Beton Bertulang Persegi 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 ^{3/5} 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



tembusan Kepada Yth :

1. Arsip.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

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

II (PESERO) MALANG
BANK NIAGA 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

Nomor : ITN- 0305.01/21/B/TA/II/Gnp 2012
Mempiran : -
Perihal : **Bimbingan Skripsi**

03 Mei 2012

Kepada 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 : **Ratih Prawirawati**
Nim : **07 21 041**
Prodi : **Teknik Sipil (S-1)**

Untuk dapat Membimbing Skripsi dan Mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :
“Studi Penelitian Perkuatan Kolom Beton Bertulang Persegi 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 ditentukan 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



Penyerahan Kepada Yth :
1. Arsip.



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

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

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

NAMA : Ratih Prawirawati
NIM : 07.21.041
JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1
DOSEN PEMBIMBING : Ir. Togi H. Nainggolan, MS

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	$\frac{2}{10} - 12$	→ lihat keentran dan Catatan. → buat D-15 → bob 10 Anak + hsut -	MS
2	$\frac{17}{10} - 12$	1. Lihat Catatan / keentran 2. Urutan pembalasan - 3. Keumpulan / abs free	MS



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

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

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

NAMA : Ratih Prawirawati
NIM : 0721041
JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1
DOSEN PEMBIMBING : Ir. Togi H. Nainggolan, MS

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
3	22/10-12	perbaiki pembalasan kesimpulan Buat abstrak.	TH
4	25/10-12	perbaikan, abstrak. perbaiki	TH
5	27/10-12	perbaiki, Mas ke-1 Semua well all.	TH



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

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

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

NAMA : Ratih Prawirawati
NIM : 07.21.041
JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1
DOSEN PEMBIMBING : Ir. H. Sudirman Indra, MSc

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	$\frac{20}{10}$ 06	<ul style="list-style-type: none">- Atri Utata- buk us & M. & Atri- Lupa- Sem 3 & unkl- Siplu y. y.	



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG Penelitian

Nama Ratih Pratiwi

NIM 07.21.041

Hari tanggal 03 Des. 2012

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi:

Abstrak : - lebih singkat & point² nya saja, 1 spasi
- finemesh $\phi 4-50$
- model?
- kesimpulan efektif? ✓

Symbol regangan $\rightarrow \epsilon + \text{Lempiran}$

perbaikan pembahasan teoritis B. elyptis ✓

- warna grafik ✓

- sinkron antara tabel dg. rumus. ✓

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

Pengantar berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyerahkan lembar pengesahan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang. 17-12- 20

Dosen Pembahas

Malang. 03-12- 2012

Dosen Pembahas



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG Penelitian

Nama Ratih prawirawati

NIM 07.21.041

Hari/tanggal

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir mengenai

- cek penulisan ~~f'cc~~ $f'c$ atau $f'cc$
- RCP \rightarrow tdk terbeban $f'cc$ bukan $f'cc$
- Grafik σ di Cpk lag: σ
 $f'c$ atau $f'cc$ dan $E'c$ atau $E'cc$
- Saran dilengkapi
- lebih banyak belajar lagi σ (hit) & teori beton.

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, 13-12-2012
 Dosen Pembahas

[Signature]

Malang, 03-12-2012
 Dosen Pembahas

[Signature]
 Yasmiran P. Manah

FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG PENELITIAN

Nama : Patih Prawirawati

NIM : 07.21.041

Hari / tanggal : Sabtu / 09 Februari 2013

Revisi materi Skripsi meliputi :

- Bab I diperbaiki

- Tambahkan perbedaan y.
RCFMS vs RCS y. ~~keuntungan~~
atau tidak! ~~efektifitas~~

- Berimpulan disesuaikan dg
hasil perbedaan.

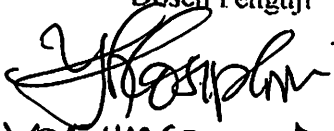
- Tulisan² tentang beton bulat
dicek lagi → disesuaikan isi
dg judul edri.

- fusi bit ps y RCFMS.

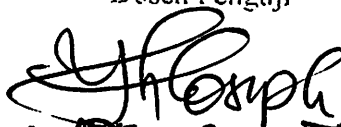
Revisi Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian
sanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Revisi Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 19 - 02 - 2013
Dosen Penguji


(Yasinson M)

Malang, 09/02 - 2013
Dosen Penguji


(Yasinson Manaha)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
 Jl. Bendungan Sigura-gura 2
 Jl. Raya Karanglo Km. 2
 Malang

UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG PENELITIAN

Nama : Patih Prawirawati
 NIM : 07.21.041
 Hari / tanggal : Sabtu / 9 Februari 2013

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

- cek B → Pres ✓
 ⊕ saran aplikasi Y. lapangan.

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

Perbaikan ini Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 19 - 02 - 2013

Dosen Penguji

Malang, 09 Februari 2013

Dosen Penguji