

SKRIPSI

**PENELITIAN EFEKTIFITAS *FINE MESH* Ø 3-50 SEBAGAI
CONFINEMENT DAN RETROFITTING KOLOM PERSEGI BETON
BERTULANG TERHADAP KEKUATAN (f'_{cc}) DAN REGANGAN (E'_{cc})**



Disusun Oleh :

ADITYA ANUGRAH AGUNG

(06.21.033)

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

2012

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**EFEKTIFITAS FINE MESH Ø3-50 SEBAGAI CONFINEMENT DAN
RETROFITTING KOLOM PERSEGI BETON BERTULANG TERHADAP
KEKUATAN (f'_{cc}) DAN REGANGAN (E'_{cc})**

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

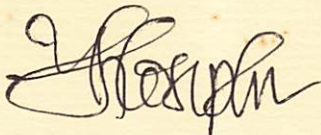
Disusun Oleh :

Aditya Anugrah Agung

06. 21. 033

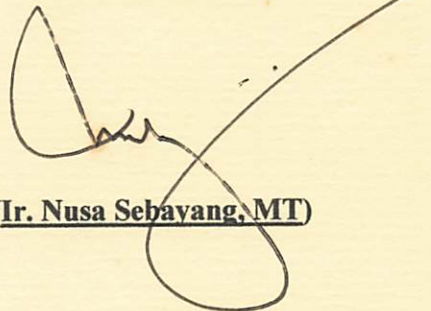
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Yosimson P. Manaha, ST., MT)

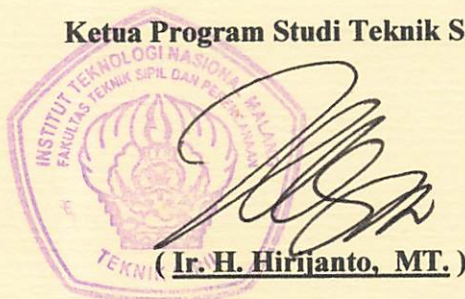
Dosen Pembimbing II



(Ir. Nusa Sebayang, MT)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



(Ir. H. Hiriyanto, MT.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2012**

LEMBAR PENGESAHAN
EFEKTIFITAS FINE MESH Ø3-50 SEBAGAI CONFINEMENT DAN
RETROFITTING KOLOM PERSEGI BETON BERTULANG TERHADAP
KEKUATAN (f'_{cc}) DAN REGANGAN (E'_{cc})

SKRIPSI

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi
Jenjang Strata Satu (S-1)
Pada hari : Senin
Tanggal : 20 Februari 2012
Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

ADITYA ANUGRAH AGUNG

06. 21. 033

Disahkan Oleh:

Ketua


(Ir. H. Hirijanto, MT.)

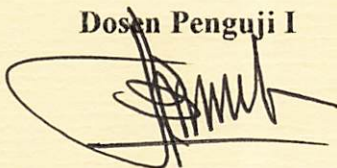
Sekretaris



(Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT.)

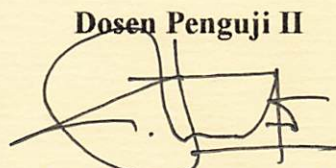
Anggota Penguji :

Dosen Penguji I



(Ir. Bambang Wedyantadji, MT.)

Dosen Penguji II



(Ir. Eding Iskak, MT.)

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2012

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **ADITYA ANUGRAH AGUNG**

Nim : **06. 21. 033**

Program studi : **Teknik Sipil S - 1**

Fakultas : **Teknik Sipil dan Perencanaan**

Menyatakan bahwa dengan sesungguhnya Tugas Akhir yang berjudul :

“Efektifitas Fine Mesh Ø3-50 Sebagai Cconfinement dan Retrofitting Kolom Persegi Beton Bertulang Terhadap Kekuatan (f'_{cc}) dan Regangan (E'_{cc})”

Adalah hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikat serta tidak mengatup atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, Maret 2012

Yang Membuat Pernyataan



(Aditya Anugrah Agung)

ABSTRAKSI

Aditya, 2012, “EFEKTIFITAS *FINE MESH* Ø3-50 SEBAGAI *CONFINEMENT* DAN *RETROFITTING* KOLOM PERSEGI BETON BERTULANG TERHADAP KEKUATAN (f'_{cc}) DAN REGANGAN (ϵ'_{cu})”.
Dosen Pembimbing I : Yosimson P Manaha, ST, MT ., Dosen Pembimbing II :
Ir. Nusa Sebayang, MT.

Keruntuhan bangunan yang terjadi banyak disebabkan oleh kegagalan struktur memikul beban gempa terutama elemen struktur kolom. Faktor yang mengakibatkan kegagalan kolom antara lain perancangan kolom yang tidak memperhitungkan daktilitas atau pengekangan, detailing kolom yang kurang baik sehingga kinerja kolom tersebut menurun dari yang direncanakan, selain itu perencana masih mengabaikan konsep “*Strong Columns Weak Beams*”.

Salah satu cara untuk meningkatkan daktilitas kolom pada struktur gedung lama adalah meretrofit kolom tersebut dengan cara meliliti kolom menggunakan tulangan transversal yang berfungsi sebagai tulangan pengekang. Namun pada penelitian ini akan dikaji apakah fungsi tulangan transversal sebagai tulangan pengekang mungkin digantikan oleh *Fine Mesh (FM)*. Parameter kunci yang diteliti dalam penelitian ini adalah f'_{cc} ; ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu} .

Untuk memverifikasi peningkatan efektifitas seperti yang diprediksi melalui pendekatan analisis, maka dilakukan uji eksperimental. Pengujian eksperimental tersebut memakai benda uji kolom persegi ukuran 130 x 130 mm dengan tiga tipe kolom yaitu untuk tipe yang pertama adalah kolom beton terkekang *fine mesh* (RCFM), untuk tipe yang ke dua adalah kolom beton terkekang *tulangan sengkang BJTP* (RCH) dan yang terakhir tipe ke tiga adalah kolom beton terkekang *tulangan sengkang BJTP* yang dibungkus *fine mesh* (RCFMH).

Hasil penelitian yang diperoleh dibandingkan dengan hasil analisis teoritis berdasarkan hubungan tegangan-regangan beton terkekang yang dikembangkan oleh Mander, dkk. dapat disimpulkan bahwa *fine mesh* cukup efektif bilamana digunakan sebagai tulangan pengekang pada kolom beton dalam arti meningkatkan daktilitas beton. Ini dibuktikan *fine mesh* pada kolom beton terkekang *tulangan sengkang* yang dibungkus lagi oleh *fine mesh* (RCFMH) memberi efektifitas pengekangan yang setara dengan kolom beton terkekang *tulangan sengkang BJTP* (RCH) dengan perbedaan rasio tulangan transversal $\rho_s = 12,4 \%$, kuat tekan (f'_{cc}) berbeda 16,8 %, regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) berbeda 17,2 % dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda 17,9 %. Sebaiknya kolom beton yang belum dirancang memikul beban gempa dapat diretrofit menggunakan *fine mesh*, agar dapat meningkatkan daktilitas dari kolom tersebut.

Kata kunci : *Tulangan transversal, daktilitas, fine mesh, kuat tekan beton, regangan beton.*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah S.W.T atas rahmat dan berkat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul *“Efektifitas Fine Mesh Ø3 – 50 Sebagai Confinement dan Retrofitting Kolom Persegi Beton Bertulang Terhadap Kekuatan (f'_{cc}) dan Regangan (ϵ'_{cc})”* yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu (S-1), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam proses penyelesaian Skripsi ini, penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Agus A. Santosa, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Bapak Ir. Hirijanto, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1.
3. Bapak Ir. Togi H. Nainggolan, MS. selaku Koordinator bidang penelitian.
4. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT. selaku Kepala Laboratorium Beton.
5. Bapak Yosimson P. Manaha, ST, MT., selaku pembimbing 1 .
6. Bapak Ir. Nusa Sebayang, MT., selaku pembimbing 2.

Penyusun menyadari bahwa pada Skripsi ini, mungkin masih banyak kekurangan ataupun kesalahannya. Oleh karena itu, penyusun selalu mengharapkan saran, petunjuk, kritikan dan bimbingan yang bersifat membangun, demi kemajuan kami selanjutnya.

Malang, Maret 2012

Penyusun

DAFTAR ISI

Kata Pengantar

Daftar isi

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1. Beberapa Penelitian Terdahulu Mengenai Beton Terkekang	5
2.2. Pengekangan Pada Beton	7
2.2.1. Pengekangan Beton Dengan Tulangan Transversal Konvensional	8
2.2.2. Pengekangan Beton Dengan Fine Mesh	9
2.3. Persyaratan Tulangan Transversal	11
2.3.1. Untuk Penulangan Persegi	11
2.3.2. Kolom Pendek Dengan Beban Konsentrik	11
2.4. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan	12
2.5. Diagram Tegangan-Regangan Baja Tulangan	13

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Studi Pustaka	15
3.2. Analisis Preliminary Penelitian	15
3.3. Parameter Penelitian	15
3.4. Model Analisis	16
3.5. Pengujian di Laboratorium	18
3.5.1. Spesifikasi Material	18
3.5.2. Benda Uji	19
3.5.3. Peralatan Pengujian Silinder dan Kolom	21
3.5.4. Tahap Pelaksanaan Eksperimen	22
3.6. Analisis Data	22
3.6.1. Kolom beton terkekang fine mesh (RCFM).....	23
3.6.2. Kolom beton tertekan sengkang (RCH).....	28
3.6.3. Kolom Beton Terkekang sengkang yang dibungkus fine mesh (RCFMH)...	33

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Laboratorium.....	42
4.1.1. Perancangan Campuran Beton.....	42
4.1.2. Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder.....	42
4.1.3. Pengujian Tarik Baja dan Fine Mesh.....	43
4.2. Hasil Pengujian Tekan Kolom	43
4.2.1. Kolom Beton Terkekang Fine Mesh (RCFM).....	43

4.2.2. Kolom Beton Terkekang Sengkan (RCH).....	46
4.2.3. Kolom Beton Terkekang Tulangan Sengkan yang dibungkus Fine Mesh (RCFMH).....	48
4.2.4. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton Gabungan 3 Kolom.....	51
4.3. Bukti Hipotesa Hasil Analisa.....	52

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. kesimpulan.....	54
5.2. Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pengekangan Pada Beton	8
Gambar 2.2.	Kolom Dengan Tulangan Longitudinal	9
Gambar 2.3.	Pengekangan Kolom Persegi Dengan Fine Mesh	9
Gambar 2.4.	Pengekangan Kolom Persegi Beton yang Dililitkan Dengan Fine Mesh.....	10
Gambar 2.5.	Kurva Hubungan Tegangan-regangan Untuk Pembebanan Monotonik Beton Terkekang dan Tidak Terkekang	13
Gambar 2.6.	Kurva Hubungan Tegangan-regangan	14
Gambar 3.1.	Benda Uji Kolom Persegi yang Terkekang Fine Mesh	19
Gambar 3.2.	Benda Uji Kolom yang Terkekang Tulangan Sengkang BJTP	20
Gambar 3.3.	Benda Uji Kolom Persegi Beton yang Terkekang Tulangan Sengkang BJTP yang Dibungkus dan di-retrofit Fine Mesh..	20
Gambar 3.4.	Ilustrasi set-up Pengujian Kolom	21
Gambar 3.5.	Kurva Hubungan Tegangan-regangan Analisa Teoritis Kolom RCFM.....	28
Gambar 3.6.	Kurva Hubungan Tegangan-regangan Analisa Teoritis Kolom RCH.....	33
Gambar 3.7.	Kurva Hubungan Tegangan-regangan Analisa Teoritis Kolom RCFMH	40
Gambar 3.8.	Kurva Tegangan-regangan Kolom Beton Analisa Teoritis Gabungan	41
Gambar 4.1.	Pengujian Kolom Terkekang Fine Mesh (RCFM)	44

Gambar 4. 2. Kurva Tegangan-regangan Kolom Beton Terkekang Fine-Mesh (RCFM)	45
Gambar 4. 3. Pengujian Kolom Terkekang Tulangan Sengkang (RCH)...	46
Gambar 4. 4. Kurva Tegangan-regangan Kolom Beton Terkekang Tulangan Sengkang (RCH).....	47
Gambar 4. 5. Pengujian Kolom Terkekang Tulangan Sengkang yang Dibungkus Fine mesh (RCFMH)	49
Gambar 4.6. Kurva Tegangan Regangan Kolom Beton terkekang Tulangan Sengkang yang Diberi Lapisan Fine mesh (RCFMH).....	50
Gambar 4.7. Kurva Tegangan-regangan Kolom Beton Analisa Data Eksperiment	51

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Perincian Benda Uji	18
Tabe 3.2	Tegangan Regangan Kolom Beton Terkekang Fine mesh (RCFM) menurut Mander, dkk	26
Tabe 3.3	Tegangan Regangan Kolom Beton Terkekang Tulangan Sengkang BJTP (RCH) menurut Mander, dkk	31
Tabe 3.4	Tegangan Regangan Kolom Beton Terkekang Tulangan Sengkang BJTP yang Dibungkus Fine Mesh (RCFMH) menurut Mander, dkk	38
Tabel 3.5	Hasil Perhitungan Tegangan-Regangan Teoritis.....	41
Tabel 4.1	Proporsi Campuran Beton Mutu 20 MPa.....	42
Tabel 4.2	Hasil Tegangan-Regangan Analisa Eksperimen	52
Tabel 4.3	Validasi Hasil Analisa Teoritis dan Eksperimen.....	52

DAFTAR NOTASI

$BJTP$ = Baja Tulangan Polos

ρ_s = Rasio volumetrik tulangan spiral

ρ_{sm} Rasio volumetrik *fine mesh*

d_s Diameter tulangan BJTP

d_{sm} = Diameter *fine mesh*

m_1 = Jumlah tulangan BJTP arah longitudinal

m_2 = Jumlah *fine mesh* arah longitudinal

f'_c = Kuat tekan beton rencana (MPa)

f_{yh} = Kuat leleh tulangan spiral BJTP (MPa)

f_{ym} = Kuat leleh *fine mesh* (MPa)

f_y = Kuat leleh tulangan longitudinal BJTP (MPa)

A_g = Luas total penampang kolom (mm^2)

A_c = Luas penampang beton kolom bulat yang terkekang tulangan spiral (mm^2)

A_{cfm} = Luas penampang beton kolom bulat yang terkekang *fine mesh* (mm^2)

A_{sh} = Luas tulangan spiral BJTP (mm^2)

s = Spasi tulangan spiral BJTP (mm)

s_{fm} = Spasi *fine mesh* (mm)

D_c = Diameter penampang beton kolom yang terkekang dari sumbu ke sumbu spiral (mm)

D'_c = Diameter penampang beton kolom yang terkekang dari sisi luar spiral (mm)

D_{cfm} = Diameter penampang beton kolom yang terkekang dari sumbu ke sumbu *fine mesh* (mm)

D'_{cfm} = Diameter penampang beton kolom yang terkekang dari sisi luar *fine mesh* (mm)

Z = Nilai daktilitas
 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 pengkekangan, penampang kolom bulat, $K_e = 0,95$
 f'_{cc} = Kuat tekan beton terkekang (MPa)
 ϵ_{c0} = Regangan beton tidak terkekang pada saat tegangan maksimum
 ϵ'_{cr} = 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 (mm²)
 A_{sin} = Luas penampang *fine mesh* (mm²)
 K = Rasio kuat tekan beton terkekang

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi permukaan bumi. Gempa biasa disebabkan pergerakan kerak bumi (lempeng bumi). Kata gempa bumi juga digunakan untuk menunjukkan daerah asal terjadinya kejadian gempa bumi tersebut. Bumi kita walaupun padat selalu bergerak, dan gempa bumi terjadi apabila tekanan yang terjadi karena pergerakan itu sudah terlalu besar untuk dapat ditahan.

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

Keruntuhan bangunan gedung yang terjadi akibat gempa bumi selama ini banyak disebabkan oleh beberapa factor, antara lain perancangan kolom yang tidak memperhitungkan kebutuhan daktilitas atau 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*) sebagai pengekan merupakan salah satu solusi yang lebih ekonomis untuk dipakai sebagai bahan *retrofit* kolom yang kurang daktil, karena harga *fine mesh* yang relatif murah, mudah didapat dan mempunyai nilai praktis yang sangat tinggi. Selain itu *Fine mesh* sudah terfabrikasi dalam bentuk jaring, sehingga hal tersebut memberikan presisi yang lebih baik. Oleh karena itu penelitian mengenai efektifitas *fine mesh* sebagai tulangan 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 diteliti adalah “*Bagaimana efektifitas fine mesh sebagai confinement dan retrofitting kolom persegi Ø3-50, beton bertulang terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan regangan (ϵ'_{cc})*” dengan rincian permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana efektifitas *fine mesh* Ø3-50 sebagai pengekan (*confinement*) kolom persegi beton dibanding tulangan sengkang BJTP?
2. Bagaimana efektifitas tulangan sengkang BJTP yang di-*retrofit* lapisan *fine mesh* sebagai pengekan (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan sengkang BJTP?
3. Bagaimana model kurva hubungan tegangan-regangan kolom persegi beton yang terkekang *fine mesh* Ø3-50 dibanding tulangan sengkang BJTP?
4. Bagaimana perbandingan model kurva hubungan tulangan sengkang BJTP yang di-*retrovit* lapisan *fine mesh* sebagai pengekan (*confintment*) kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan sengkang BJTP?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah “Untuk Mengetahui efektifitas *fine mesh* Ø3-50 dibanding tulangan konvensional (BJTP) sebagai pengekang kolom persegi beton bertulang terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan regangan (ϵ'_{cc})” dengan rincian sebagai berikut :

1. Mengetahui efektifitas *fine mesh* Ø3-50 sebagai pengekang (*confinement*) kolom persegi beton.
2. Mengetahui efektifitas *fine mesh* sebagai pengekang (*confinement*) kolom persegi beton dibanding tulangan sengkang BJTP.
3. Mengetahui efektifitas tulangan sengkang BJTP yang di-retrofit lapisan *fine mesh* sebagai pengekang (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan sengkang BJTP.
4. Mengetahui model kurva hubungan tegangan-regangan kolom persegi beton yang terkekang *fine mesh* Ø3-50 dibanding tulangan sengkang BJTP.
5. Mengetahui model kurva hubungan tulangan sengkang BJTP yang di-retrofit lapisan *fine mesh* sebagai pengekang (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan sengkang BJTP.

1.4. Batasan penelitian

Untuk membatasi penelitian dan memberikan langkah langkah sistematis, maka lingkup permasalahan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

- Bahan yang digunakan adalah jaring *fine mesh* Ø3-50
- Untuk tulangan longitudinal dan sengkang yang digunakan adalah baja tulangan polos (BJTP) diameter 8 mm dan 6 mm.
- Analisa kekuatan beton (f'_c) adalah hasil percobaan.
- Alat uji tekan menggunakan *universal testing machine* (UTM).
- Model kurva hubungan tegangan regangan beton terkekang menggunakan usulan mander,dkk.(1988).
- Perencanaan campuran beton menggunakan metode *American concrete institute (ACI)*.

1.5. 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* Ø3-50.
2. Memberikan perumusan analisis yang cocok terhadap model kurva hubungan tegangan-regangan untuk kolom beton yang dikekang dengan *fine mesh* Ø3-50 dibanding tulangan sengkang BJTP.
3. Memberikan perumusan analisis yang cocok terhadap model kurva hubungan tegangan-regangan untuk kolom beton yang dikekang BJTP yang di -retrofit lapisan *fine mesh* sebagai pengekang kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan sengkang BJTP.
4. Mendapatkan kurva diagram hubungan tegangan-regangan yang lebih sesuai bila dimanfaatkan untuk memprediksi kekuatan kolom beton yang dikekang dengan *fine mesh* dibanding tulangan sengkang BJTP.
5. Memberikan informasi kepada para praktisi atau perencana tentang pengekangan kolom beton bertulang menggunakan *fine mesh* pada bangunan gedung yang akan dibangun.

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 $f'_c = f'_c + 4,1f_t$ (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 aksial 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 pengekan. Model ini didasarkan bukti bahwa tekanan lateral ekuivalen yang berasal dari tulangan kekang berbeda-beda besarnya, tergantung konfigurasi tulangan pengekan. 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 pengekan 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), Aziznamimi, 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 pengekan pada inti beton.

Selain penelitian diatas telah dilakukan penelitian oleh Yosinson P. M. pada tahun (2007) “Efektivitas Pengekan Kolom Bulat Beton Bertulang dengan Fine Mesh dibanding Tulangan Spiral Biasa dalam hal Peningkatan Kekuatan (f'_{cc}) dan Regangan (ϵ'_{cc}) dan (ϵ'_{cu}). (2008) “Model Kurva Hubungan Tegangan –Regangan Kolom Beton Terkekang Fine Mesh. (2009) “Efektifitas pengekan Fine Mesh Terhadap Peningkatan Daktilitas Kolom Beton Terkekang di Daerah Gempa Kuat.

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa yang mengacu pada konsep “*Strong column weak beams*”. Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa yang mengacu pada konsep “*Strong column weak beams*” memprioritaskan balok untuk mengalami plastifikasi terlebih dahulu sebelum

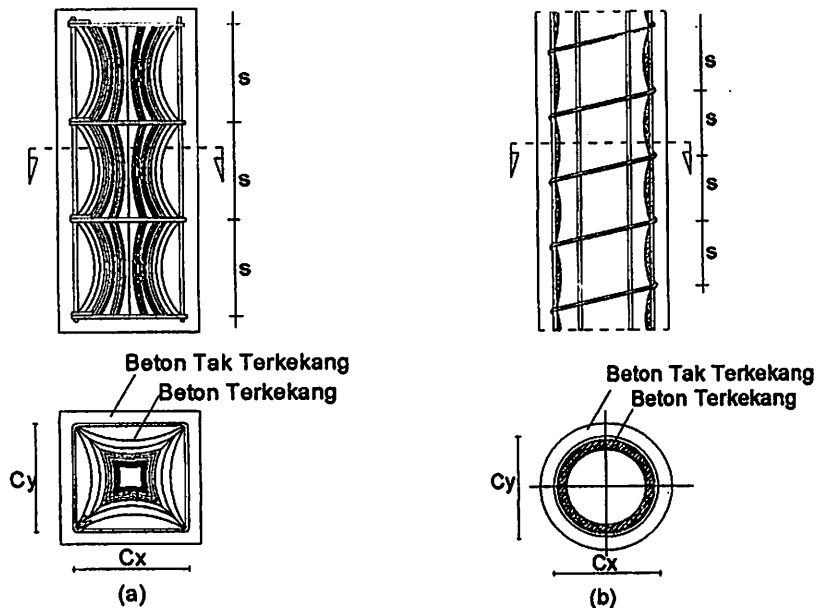
kolom, sehingga bangunan tidak collapse dengan tiba-tiba, Pada konsep ini, kekuatan kolom lebih besar dari pada kekuatan balok, sehingga sendi plastis terjadi di balok. Sebaliknya, jika kekuatan balok lebih besar daripada kolom, maka dapat terjadi sendi-sendi plastis pada ujung-ujung atas dan bawah kolom, akibatnya keruntuhan total pada bangunan tanpa terlebih dahulu menunjukkan adanya tanda-tanda keruntuhan pada bangunan.

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. Teori *daktilitas* adalah kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca - elastik yang besar secara berulang kali dan bolak - balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

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

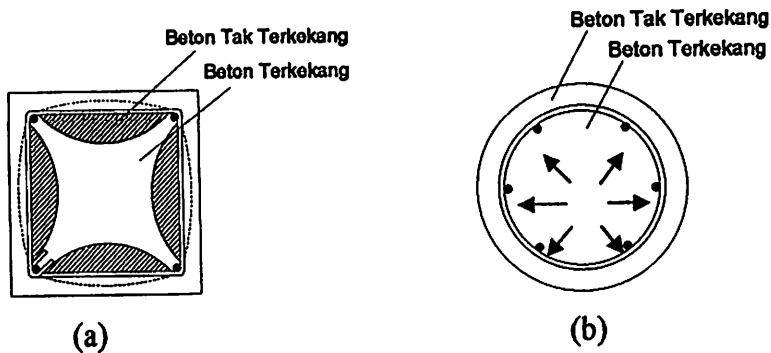
sepenuhnya terbentuk akibat busur (*arching action*), seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1a dan 2.1b.



Gambar 2.1. Aksi busur pada beton terkekang (a) Pengekangan dengan sengkang persegi (b) Pengekangan dengan tulangan spiral

2.2.1. Pengekang Beton Dengan Tulangan Transversal Konvensional

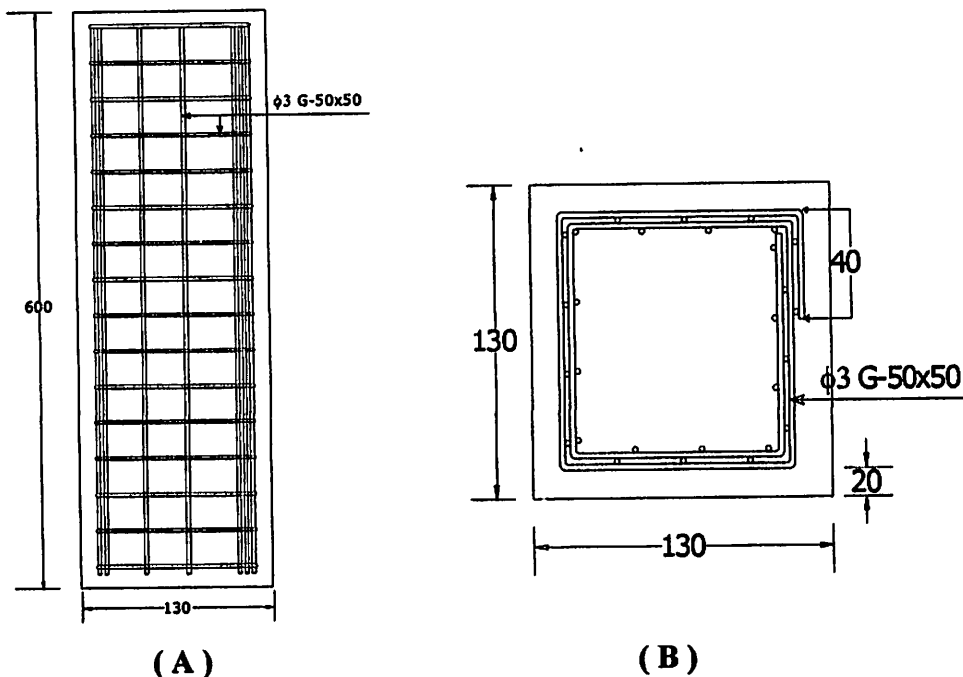
Pengekangan pada beton dapat berupa tulangan sengkang yang berbentuk persegi dan tulangan spiral yang berbentuk bulat. Tulangan sengkang atau spiral berfungsi untuk memikul gaya geser, mengekang beton agar mengurangi resiko pecahnya beton dan membuat lebih kaku sambungan tulangan memanjang. Sengkang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



Gambar 2.2 Kolom dengan tulangan longitudinal (a) Terkekang dengan sengkang (b) Terkekang dengan tulangan spiral

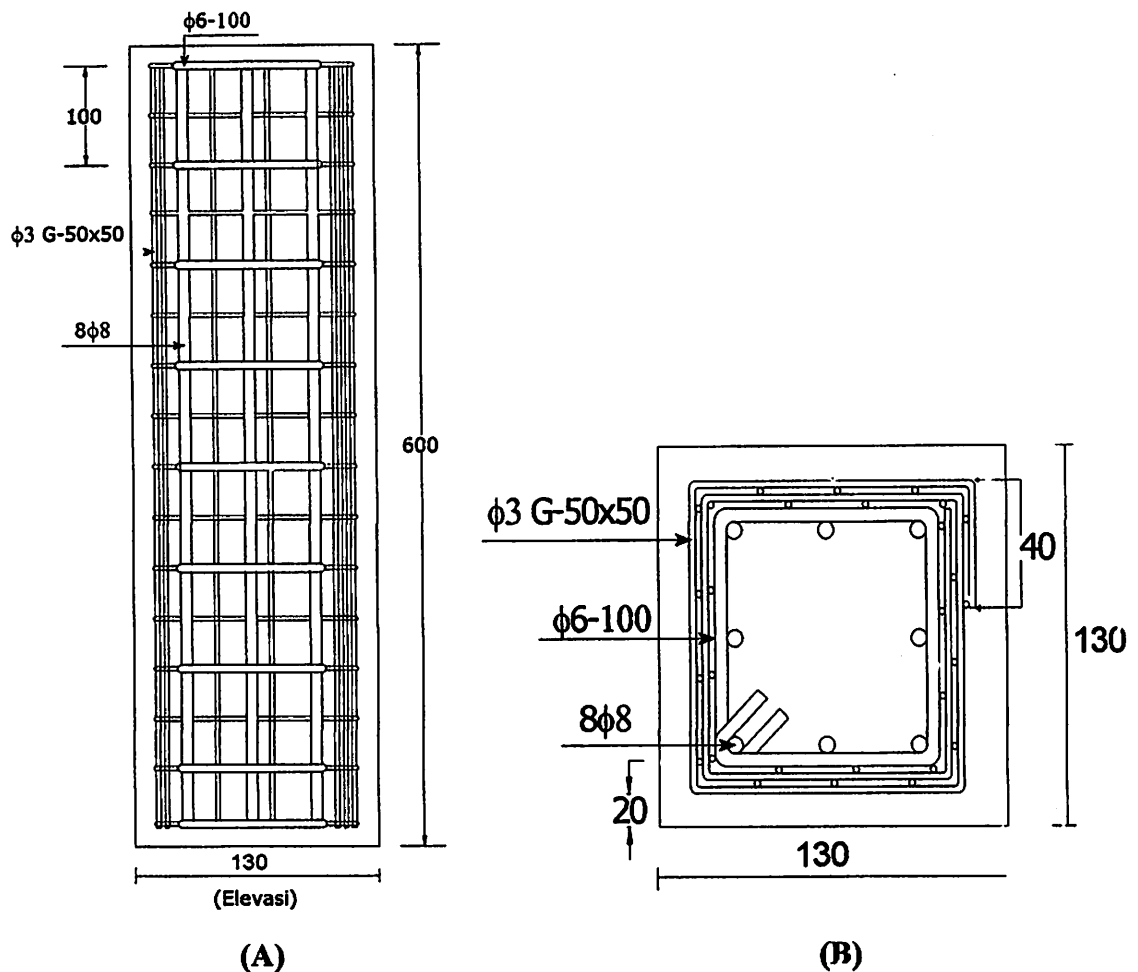
2.2.2. Pengekang Beton Dengan Fine Mesh

Pengekangan dengan *fine mesh* akan memberikan luasan daerah inti beton yang terkekang lebih banyak dan tekanan kekang yang akan lebih merata dibandingkan tulangan spiral, sehingga pengekangan inti beton akan menjadi lebih efektif seperti terlihat dalam Gambar 2.3a dan 2.3b. Tekanan kekang nominal (f_l) dari tulangan pengekang sengkang persegi biasa, dan *fine mesh* dapat dikerahkan terhadap inti beton bila tegangan kekang dapat dikembangkan penuh. Sedangkan pengekangan kolom persegi dengan menggunakan *fine mesh* dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4. 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 pasangkan dengan cara melilitkan *fine mesh* pada tulangan konvensional yang sudah ada, seperti terlihat pada Gambar 2.5a dan 2.5b kolom persegi beton bertulang yang dililitkan *fine mesh*.



Gambar 2.5. Pengekangan kolom persegi dengan fine mesh
(a) Tampak arah memanjang (b) Tampak arah melintang

2.3. Persyaratan Tulangan Transversal

Pada perancangan struktur kolom beton bertulang tahan gempa menurut peraturan SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.4 dan ACI 318-2005 section 21.4.4.1, harus diberi detailing khusus (tulangan kekang transversal) agar dapat dicapai daktilitas yang disyaratkan, terutama di daerah yang berpotensi/yang dirancang sebagai sendi plastis, di mana luas total penampang sengkang tertutup persegi berupa sengkang tunggal (*single ties*) atau sengkang tumpuk (*overlapping hoops*) dengan atau tanpa tulangan pengikat silang (*crossties*) yang disyaratkan tidak boleh kurang daripada yang ditentukan pada dua persamaan di bawah ini :

2.3.1. 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 $\phi 10$ untuk tulangan lebih kecil dari $\phi 32$.

Luas total penampang *hoop* persegi panjang untuk pengekangan harus tidak boleh kurang dari nilai 2 Persamaan dibawah

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

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

2.3.2. Kolom Pendek dengan Beban Konsentrik

Kolom pendek adalah kolom yang mengalami gaya batang dari balok. 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 :

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

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

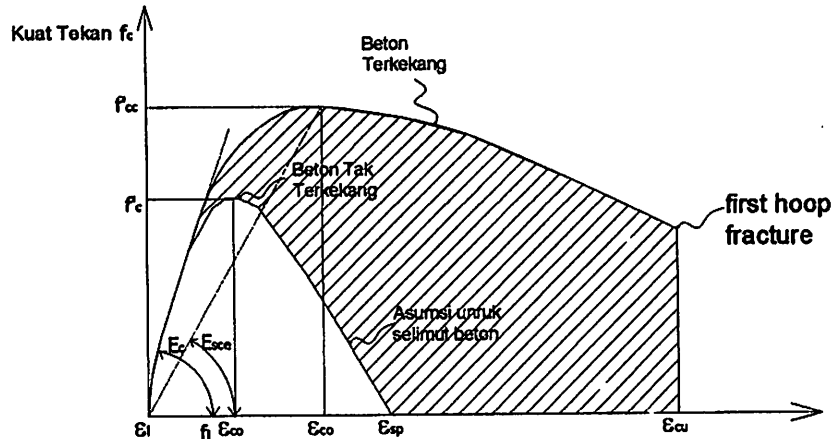
2.3.3 Analisis Kapasitas Kolom

Dalam menganalisis kapasitas kolom didasarkan pada asumsi sebagai berikut :

- a. Regangan dalam tulangan dan beton harus berbanding langsung dengan jarak dari sumbu netral.
- b. Regangan maksimum yang dapat digunakan pada serat beton tekan terluar sama dengan 0,003.
- c. Kekuatan tarik beton diabaikan dan tidak digunakan dalam hitungan.
- d. Hubungan antara distribusiregangan tekan beton dan regangan beton dianggap berbentuk persegi.

2.4. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan

Mander, Priestley dan Park (1988) memberikan gambaran hubungan tegangan-regangan tekan pada beton terkekang, kekuatan tekan dan regangan beton akan meningkat akibat adanya pengekangan, seperti terlihat dalam Gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2.8 Kurva hubungan tegangan-regangan untuk pembebanan monotonik beton tak dikekang dan beton terkekang

Untuk penampang beton terkekang :

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

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

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

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

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

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

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

Regangan tekan puncak beton terkekang

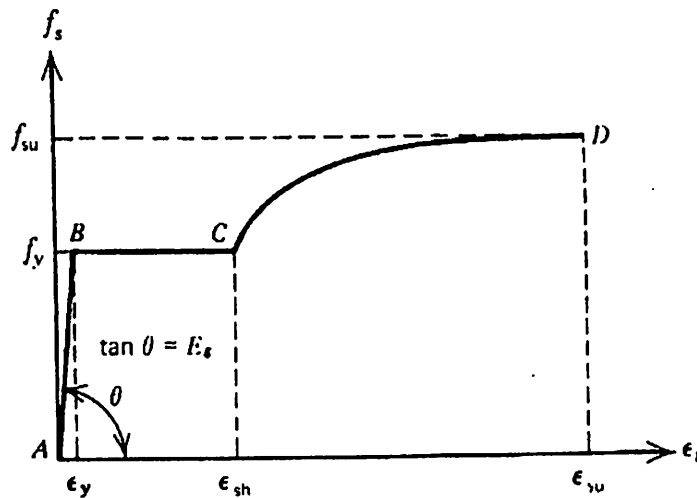
$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 [1 + 5(f'_{cc} / f_c - 1)] \dots\dots\dots (2.15)$$

Regangan ultimit beton terkekang adalah

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

2.5. Diagram Tegangan-Regangan Baja Tulangan

Park and Paulay 1975, memberikan bentuk diagram hubungan tegangan dan regangan baja tulangan pada saat menerima gaya tarik atau gaya tekan seperti terlihat dalam Gambar 2.9 di bawah ini :



Gambar 2.9 Kurva hubungan tegangan-regangan baja tulangan
Pada kurva tersebut dapat dilihat karakteristik-karakteristik sebagai berikut :

Daerah AB (Elastis) : $\varepsilon_s \leq \varepsilon_y$

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

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

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

Daerah CD (Pengerasan Regangan) : $\varepsilon_{sh} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}$

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

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

di mana :

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

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Studi Pustaka

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

3.2. Analisis Preliminary Penelitian

Pemilihan spesimen didasarkan pada kondisi dan kapasitas alat pengujian kolom yang ada di Laboratorium Beton jurusan Teknik Sipil ITN Malang dan ITS Surabaya. Sesuai dengan kondisi alat tersebut, diperoleh tinggi maksimum specimen yang dapat diletakkan pada alat *Universal Testing Machine (UTM)* adalah 90 cm, sehingga tinggi spesimen yang dibuat pada penelitian ini adalah 60 cm. Kapasitas beban maksimum alat *UTM* adalah 200 ton.

Berdasarkan kapasitas alat tersebut, dengan melakukan *trial and error* akhirnya diperoleh diameter specimen, kuat tekan beton, diameter tulangan BTP 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 persegi ukuran 130 x 130 mm
- b. Tinggi kolom $h = 600$ mm
- c. Selimut beton kolom = 15 mm.
- d. Mutu beton $f'_c = 20,09$ MPa.
- e. Tegangan leleh baja tulangan polos $f_y = 200,96$ MPa

- f. Tegangan leleh *fine mesh* $f_{ym} = 382,77 \text{ MPa}$
- g. Baja tulangan polos $\varnothing = 6 \text{ mm}$ dan $\varnothing = 8 \text{ mm}$
- h. Diameter *fine mesh* adalah $\varnothing = 3$ dengan ukuran grid $50 \times 50 \text{ mm}$.
- 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 gravitasi.
- j. 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.
- k. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai untuk membungkus kolom beton terkekang 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 akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Analisis efektifitas kolom beton yang terkekang *fine mesh* $\varnothing 3-50$ (RCFM) secara teoritis terhadap kuat tekan dan regangan beton.
- b. Analisis efektifitas kolom beton yang terkekang *tulangan sengkang gravity* (*Rectangular Column Hoops Gravity* / RCHG) secara teoritis terhadap kuat tekan dan regangan beton.
- c. Analisis efektifitas kolom beton yang terkekang *tulangan sengkang Earthquake* yang dibungkus lapisan *fine mesh* (*Rectangular Column Fine Mesh and Hoops* / RCFMH) secara teoritis terhadap kuat tekan dan regangan beton.
- d. Analisis data eksperimen peningkatan kuat tekan beton (f'_c) kolom beton terkekang *fine mesh* $\varnothing 3-50$ (*Rectangular Column Fine Mesh* / RCFM).
- e. Analisis data eksperimen peningkatan kuat tekan beton (f'_c) kolom RCHG.

- f. Analisis data eksperimen peningkatan kuat tekan beton (f'_{cc}) kolom RCFMH.
- g. Analisis data eksperimen hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom RCFM.
- h. Analisis data eksperimen hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom RCHG.
- i. Analisis data eksperimen hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom RCFMH.
- n. Pembuatan kurva hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom RCFM.
- o. Pembuatan kurva hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom RCHG.
- p. Pembuatan kurva hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom RCFMH.

3.5. Pengujian di Laboratorium

3.5.1. Spesifikasi Material

Tulangan longitudinal yang akan digunakan adalah baja tulangan polos (BJTP) $\varnothing = 8 \text{ mm}$ dan tulangan transversal menggunakan baja tulangan polos $\varnothing = 8 \text{ mm}$ dan $\varnothing = 6 \text{ mm}$. Kuat leleh baja tulangan polos akan dites dengan melakukan uji tarik untuk mendapatkan f_y . Jaring kawat menggunakan *fine mesh* diameter $\varnothing = 3 \text{ grid} = 50 \times 50 \text{ mm}$. Kuat leleh *fine mesh* akan dilakukan uji tarik untuk mendapatkan f_y . Kuat tekan beton akan diperoleh dengan melakukan pengujian silinder beton berukuran $150 \times 300 \text{ mm}$ yang telah berumur 28 hari.

3.5.2. Benda Uji

Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian benda uji beton berukuran $150 \times 300 \text{ mm}$, berumur 28 hari dan jumlah benda uji beton sebanyak 9 buah. Selanjutnya dilakukan pengujian tekan kolom seperti pada tabel 3.1. dan 3.2. di bawah ini.

Tabel 3.1. Perincian benda uji yang akan diteliti pada tahun ke-1

Kode Benda Uji	Penampang Kolom	Jenis Tulangan		Keterangan	Jumlah Benda Uji
		Konvensional	Fine mesh (FM)		
RCFM-1	130 x 130 mm	-	$\varnothing 3-50$	Sampel 1	1 Buah
RCFM-1	130 x 130 mm	-	$\varnothing 3-50$	Sampel 2	1 Buah
RCFM-1	130 x 130 mm	-	$\varnothing 3-50$	Sampel 3	1 Buah
RCHG	130 x 130 mm	Longitudinal $\varnothing=8\text{mm}$ dan Transversal $\varnothing=6\text{mm}$	-	Sampel 4	1 Buah
RCHG	130 x 130 mm	Longitudinal $\varnothing=8\text{mm}$ dan Transversal $\varnothing=6\text{mm}$	-	Sampel 5	1 Buah
RCHG	130 x 130 mm	Longitudinal $\varnothing=8\text{mm}$ dan Transversal $\varnothing=6\text{mm}$	-	Sampel 6	1 Buah
RCFMH	130 x 130 mm	Longitudinal $\varnothing=8\text{mm}$ dan Transversal $\varnothing=6\text{mm}$	FM $\varnothing 3 - 50 \text{ mm}$	Sampel 7	1 Buah
RCFMH	130 x 130 mm	Longitudinal $\varnothing=8\text{mm}$ dan Transversal $\varnothing=6\text{mm}$	FM $\varnothing 3 - 50 \text{ mm}$	Sampel 8	1 Buah

RCFMH	130 x 130 mm	Longitudinal $\varnothing=8\text{mm}$ dan Transversal $\varnothing=6\text{mm}$	FM $\varnothing$ 3 - 50 mm	Sampel 9	1 Buah
-------	--------------	--	----------------------------	----------	--------

Keterangan :

RCFM = *Rectangular Column Fine Mesh*

RCHG = *Rectangular Column Hoops Gravity*

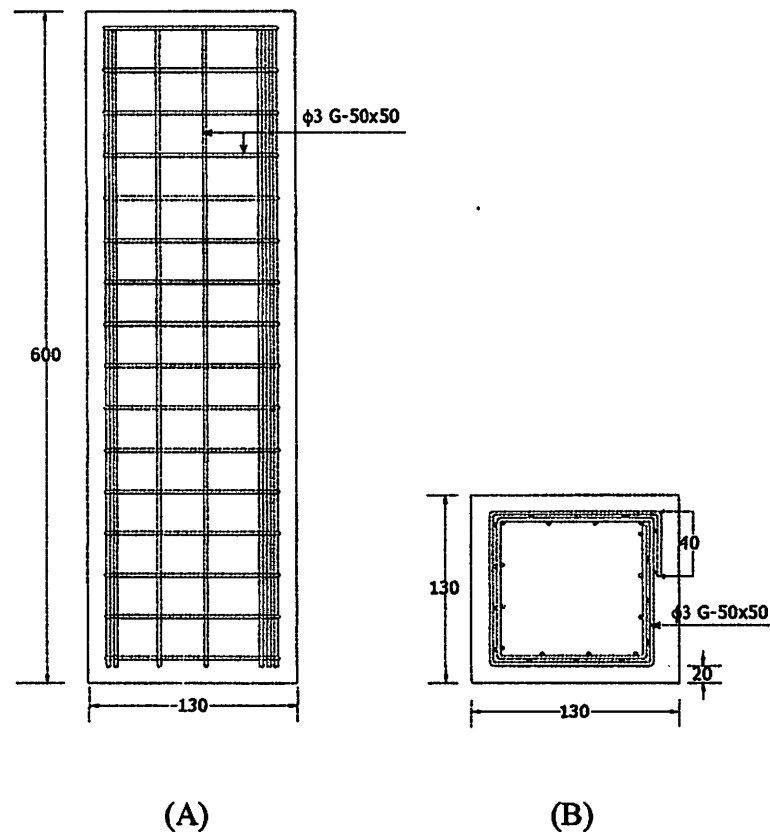
RCFMH = *Rectangular Column Fine Mesh and Hoops*

D = Diameter kolom

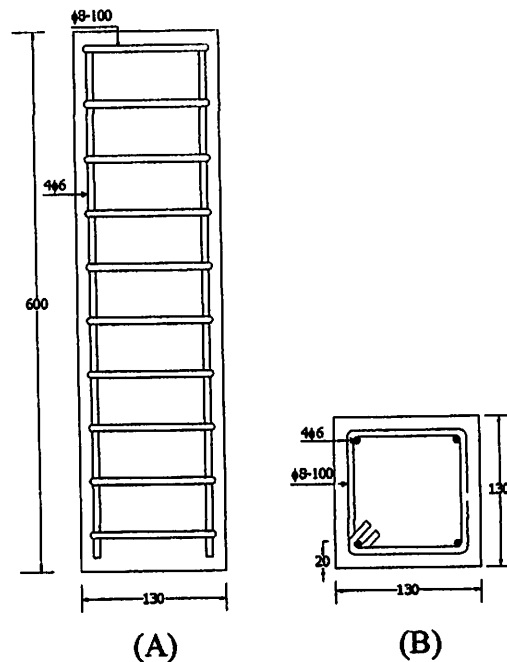
FM = *Fine Mesh*

s = *Jarak Tulangan Spiral/Sengkan BJTP*

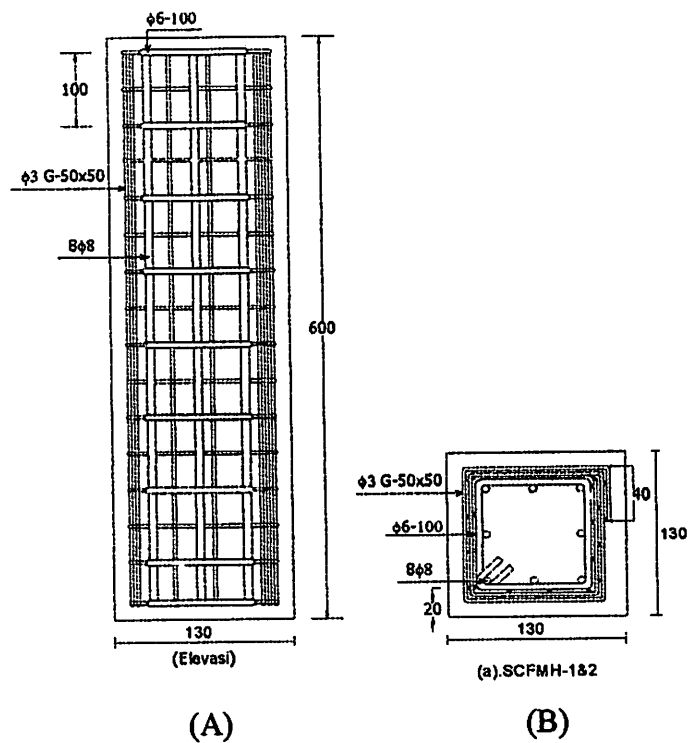
Model benda uji kolom persegi yang akan diteliti dapat dilihat dalam Gambar 3.2a, 3.2b, 3.2c berikut ini :



Gambar 3.2a. Benda Uji Kolom Persegi yang terkekang *fine mesh*
(A) Tampak arah memanjang (B) Tampak arah melintang



Gambar 3.2b. Benda Uji Kolom Persegi Beton yang terkekang tulangan sengkang BJTP
(A) Tampak arah memanjang (B) Tampak arah melintang

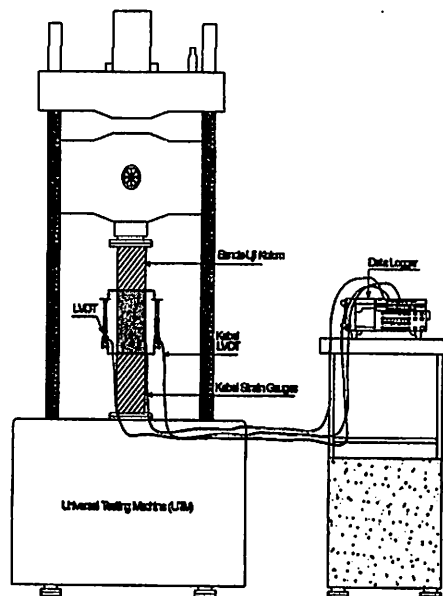


Gambar 3.2c. Benda Uji Kolom Persegi Beton yang terkekang tulangan sengkang BJTP yang dibungkus dan di-retrofit fine mesh
(A) Tampak arah memanjang (B) Tampak arah melintang

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 3.3. Pada Gambar 3.3, 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 3.3 Ilustrasi set-up pengujian kolom

3.5.4. Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen penelitian yang akan 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 bulat $\varnothing = 150$ mm
6. Melakukan pekerjaan begisting kolom persegi 130×130 mm
7. Melakukan pekerjaan pembentukkan dan pemasangan *fine mesh*
8. Melakukan pekerjaan pembesian *tulangan konvensional*.
9. Memasang strain gauge pada *fine mesh*, tulangan longitudinal dan transversal kolom.
10. Melakukan pengecoran benda uji silinder dan kolom.
11. Setelah 48 jam atau beton telah cukup kering, cetakan benda uji silinder dan kolom dibuka.
12. 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.
13. Setelah benda uji berumur 28 hari, akan pengujian kuat tekan.
14. Pengujian dilakukan dengan sistem *load control* dan *displacement control*.
15. Pengambilan data regangan tulangan *spiral BJTP* dan *fine mesh* pada saat pembebanan diperoleh melalui strain gauge yang terpasang menggunakan alat *data logger*.
16. Selama pembebanan akan dilakukan pengamatan, pemotretan dan pencatatan data.
17. Data yang akan dicatat adalah :
 - a. Pencatatan data pembebanan naik dan turun.
 - b. Pencatatan fenomena retak dan besar beban pada awal retak
 - c. Lompatan beban dan besar beban pada saat kolom runtuh.
 - d. Data regangan *tulangan* dan *fine mesh* berdasarkan hasil dari *strain gauge*.

3.6. Analisis Data

Dari kepustakaan yang ada, akan dilakukan analisis teoritis kurva hubungan tegangan regangan beton terkekang. Dari beberapa model kurva

tersebut, kami pilih yang paling cocok untuk dipakai sebagai hipotesa perilaku *fine mesh* adalah menggunakan model hubungan tegangan-regangan beton terkekang menggunakan usulan Mander, dkk.(1988).

3.6.1. Kolom Beton Terkekang Fine Mesh (RCFM)

Luas penampang kolom :

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

Luas total fine mesh arah longitudinal adalah :

$$\begin{aligned} A_{sfm} &= m_2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 19 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,8^2 \\ &= 116,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} n &= \frac{E_s}{E_c} \\ &= \frac{200000}{21589,326} \\ &= 9,264 \end{aligned}$$

- *Layer 1 (lapisan dalam) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$\begin{aligned} h_{cfm} &= 130 - 10 - 10 - (2 \times 2,8) - (2 \times 2,8) - 2 = 96,8 \text{ mm} \\ h'_{cfm} &= 130 - 10 - 10 - (2 \times 2,8) - (2 \times 2,8) = 98,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\rho_{fm} &= \frac{(4 \cdot h_c) \cdot A_{fm}}{(h_c'^2) \cdot s} \\ &= \frac{(4 \cdot 96,8) (3,14)}{(98,8^2) 50} \\ &= 0,00249\end{aligned}$$

- *Layer 2 (lapisan luar) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$h_{cfm} = 130 - 10 - 10 - 2,8 = 108 \text{ mm}$$

$$h'_{cfm} = 130 - 10 - 10 = 110 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned}\rho_{fm} &= \frac{(4 \cdot h_c) \cdot A_{fm}}{(h_c'^2) \cdot s} \\ &= \frac{(4 \cdot 108) (3,14)}{(110^2) 50} \\ &= 0,0024\end{aligned}$$

$$\text{Rasio total} = \rho_x = \rho_y = 0,00249 + 0,0024$$

$$\rho_{sfm} = \rho_x = \rho_y = 0,00489$$

$$f'_{lx} = K_e \cdot \rho_{x fm} \cdot f_{y fm} \quad (2.11)$$

$$f'_{ly} = K_e \cdot \rho_{y fm} \cdot f_{x fm} \quad (2.12)$$

$$K_e = 0,95$$

$$\begin{aligned}f'_{lx} = f'_{ly} &= 0,95 \times 0,00489 \times 382,77 \\ &= 1,7781 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\frac{f'_{lx}}{f'_c} = \frac{f'_{ly}}{f'_c} = \frac{1,7781}{20,09} = 0,084$$

$$K = 1 + 2,05 \rho_{sfm} \left(\frac{f_{yh}}{f'_c} \right) \quad (2.13)$$

$$K = 1 + 2,05 \times 0,00489 \times \left(\frac{382,77}{20,09} \right) = 1,181$$

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

$$f'_{cc} = 1,181 \times 20,09 = 24,973 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \left(\frac{24,973}{20,09} - 1 \right) \right] = 0,00217$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \cdot \rho_{sfm} \cdot f_{yfm} \cdot \frac{\varepsilon_{sm}}{f'_{cc}} \quad (2.19)$$

$$\rightarrow \rho_s = 0,00489$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,00489 \times 382,77 \times \frac{0,15}{24,973} = 0,01973$$

Beban maksimum kolom RCFM adalah :

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

$$= 24,973 \times ((16900 - 116,93) + (116,93 \times 9,264))$$

$$= 446175,3476 \text{ N} = 44,617 \text{ ton}$$

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

No	ε_c	X	f'_c (Mpa)
1	2	3	4
1	0	0	0
2	0.00060	0.27525	12.954
3	0.00119	0.55051	21.209
4	0.00179	0.82576	24.539
5	0.00239	1.10101	24.863
6	0.00299	1.37627	23.803
7	0.00358	1.65152	22.247
8	0.00418	1.92677	20.605

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.3.

➤ Kolom 1

Nomor urut.

➤ Kolom 2

Regangan beton naik (no urut 1 s/d 8)

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

Regangan beton turun (no urut 8 s/d 12)

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

➤ Kolom 3

Rasio perbandingan regangan beton terhadap regangan saat tegangan mencapai maksimum

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.15)$$

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

➤ Kolom 4

Kuat tekan beton kolom

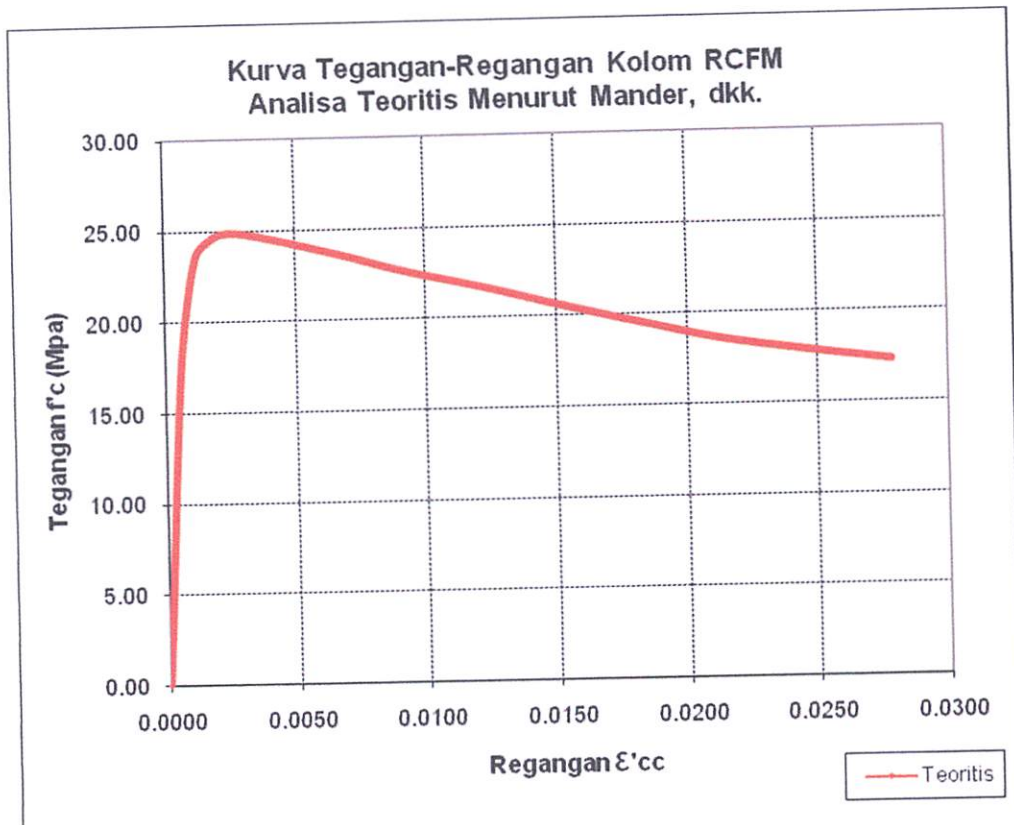
$$f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times r}{r - 1 + x^r} \quad (2.14)$$

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

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.17)$$

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

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



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

3.6.2. Kolom Beton Terkekang Sengkan (RCH)

Kolom RCH adalah kolom beton yang terkekang tulangan sengkang BJTP Ø5,8 – 60, yang mana tulangan sengkang yang terpasang pada kolom RCH sudah memenuhi syarat pengekangan untuk kolom yang memikul beban gempa sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.4 dan ACI 318-2005 section 21.4.4.1.

$$\begin{aligned}
 h_c &= D - (2 \times \text{selimut beton}) - \varnothing \text{ tulangan sengkang} \\
 &= 130 - (2 \times 10) - 5,8
 \end{aligned}$$

$$= 104,2\text{mm}$$

$$h'_c = D - (2 \times \text{selimut beton})$$

$$= 130 - (2 \times 10)$$

$$= 110 \text{ mm}$$

$$A_s = m_1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2$$

$$= 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 5,8^2$$

$$= 105,63 \text{ mm}^2$$

Tulangan sengkang untuk gempa kuat pada kolom persegi adalah $\phi 5,8 - 60$.

Rasio tulangan sengkang yang terpasang adalah :

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{(4 \cdot h_c) \cdot A_s}{(h_c^2) s} \\ &= \frac{(4 \cdot 104,2) (105,63)}{(110^2) 60} \\ &= 0,01516 \end{aligned}$$

$$\rho_x = \rho_y = 0,01516$$

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

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

$$K_e = 0,95$$

$$f'_{lx} = f'_{ly} = 0,95 \times 0,01516 \times 200,98$$

$$= 2,894 \text{ MPa}$$

$$\frac{f'_{lx}}{f'_c} = \frac{f'_{ly}}{f'_c} = \frac{2,894}{20,09} = 0,1369$$

$$K = 1 + 2,05 \rho_s \left(\frac{f_{yh}}{f_c} \right) \quad (2.13)$$

$$K = 1 + 2,05 \times 0,01516 \times \left(\frac{200,98}{20,09} \right) = 1,295$$

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

$$f'_{cc} = 1,295 \times 20,09 = 26,302 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \left(\frac{26,302}{20,09} - 1 \right) \right] = 0,00613$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \cdot \rho_s \cdot f_{yh} \cdot \frac{\varepsilon_{sm}}{f'_{cc}} \quad (2.19)$$

$$\rightarrow \rho_s = 0,01516$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,01516 \times 200,98 \times \frac{0,15}{26,302} = 0,0335$$

Beban maksimum kolom RCH adalah :

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

$$= 26,302 \times ((16900 - 105,63) + (105,63 \times 9,264))$$

$$= 506170,049 \text{ N} = 50,617 \text{ ton}$$

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

No	ε_c	X	f'_c (Mpa)
1	2	3	4
1	0	0	0
2	0.00077	0.12504	13.505
3	0.00153	0.25008	19.916
4	0.00230	0.37512	23.087
5	0.00307	0.50016	24.735
6	0.00383	0.62520	25.605
7	0.00460	0.75024	26.050
8	0.00537	0.87529	26.250
9	0.00613	1.00033	26.302
10	0.00690	1.12537	26.264
11	0.00767	1.25041	26.168
12	0.00843	1.37545	26.037
13	0.00920	1.50049	25.885

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.4.

➤ Kolom 1

Nomor urut.

➤ Kolom 2

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

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

Regangan beton turun (no urut 11 s/d 14)

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

➤ Kolom 3

Rasio perbandingan regangan beton terhadap regangan saat tegangan mencapai maksimum

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.15)$$

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

➤ Kolom 4

Kuat tekan beton kolom

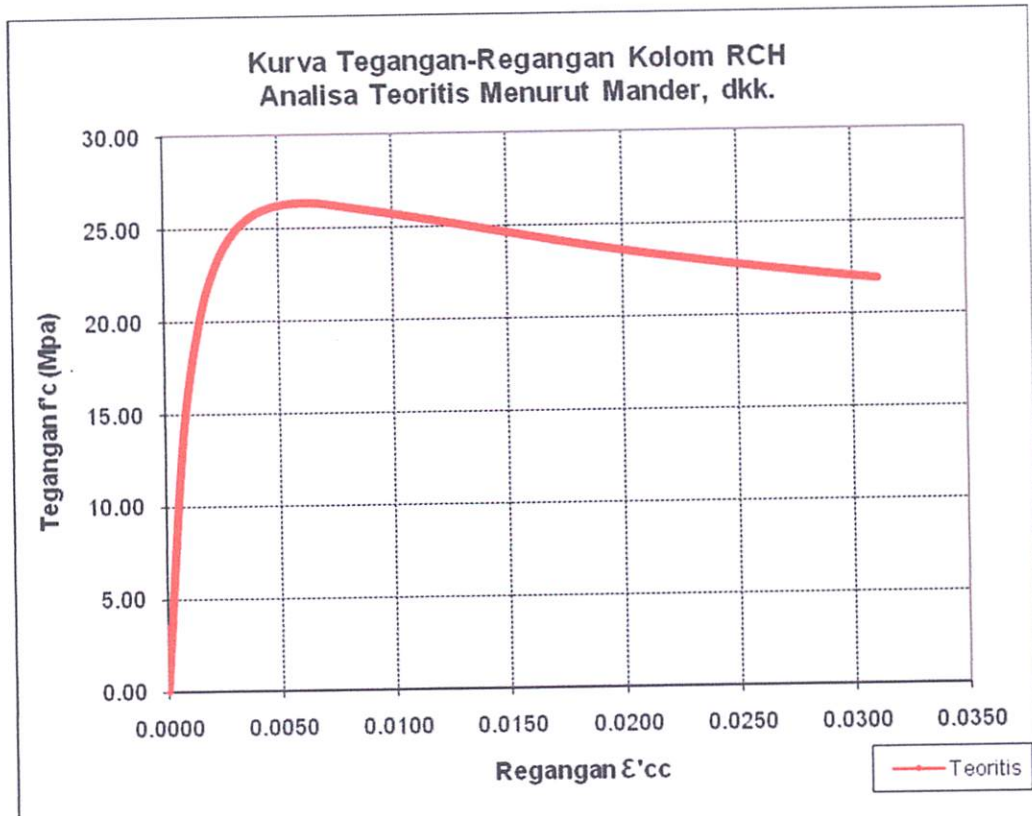
$$f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times r}{r - 1 + x'} \quad (2.14)$$

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

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.17)$$

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

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



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

3.6.3. Kolom Beton Terkekang Senggang yang dibungkus Fine Mesh (RCFMH)

Kolom RCFMH adalah kolom beton yang terkekang tulangan sengkang BJTP Ø5,8 – 100, yang mana tulangan sengkang yang terpasang pada kolom RCFMH belum memenuhi syarat pengekanan untuk kolom yang memikul beban gempa sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.4 sehingga perlu dibungkus lagi menggunakan *fine mesh* pada bagian luar tulangan sengkang agar total ρ_s -nya memenuhi syarat pengekanan yang setara dengan ρ_s pada kolom RCH.

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

$$A_{sfm} = m_2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2$$

$$= 19 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,8^2$$

$$= 134,235 \text{ mm}^2$$

$$A_s = m_1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2$$

$$= 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 5,8^2$$

$$= 105,62 \text{ mm}^2$$

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

- *Tulangan sengkang yang terpasang pada kolom persegi adalah $\phi 5,8 - 100$.*

$$h_c = D - (2 \times \text{selimut beton}) - 2 \times \phi_{\text{fine mesh}} - \phi_{\text{tulangan sengkang}}$$

$$= 130 - (2 \times 10) - (2 \times 2,8) - 5,8$$

$$= 98,6 \text{ mm}$$

$$h_c = D - (2 \times \text{selimut beton}) - 2 \times \phi_{\text{fine mesh}}$$

$$= 130 - (2 \times 10) - (2 \times 3)$$

$$= 104 \text{ mm}$$

Rasio tulangan sengkang yang terpasang adalah :

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{(4 \cdot h_c) \cdot A_s}{(h_c^2) s} \\ &= \frac{(4 \cdot 98,6) (105,62)}{(104^2) 50} \\ &= 0,01899 > \rho_{RCH} = 0,01516\end{aligned}$$

- *Layer 1 (lapisan dalam) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$D_{cfm} = 130 - 10 - 10 - 2,8 - 2,8 - 2,8 = 101,6 \text{ mm}$$

$$D'_{cfm} = 130 - 10 - 10 - 2 - 1,8 = 106,2 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{(4 \cdot h_c) \cdot A_s}{(h_c^2) s} \\ &= \frac{(4 \cdot 101,6) (105,62)}{(106,2^2) 50} \\ &= 0,01877 > RCH = 0,01516\end{aligned}$$

- *Layer 2 (lapisan luar) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$D_{cfm} = 130 - 10 - 10 - 2,8 = 107,2 \text{ mm}$$

$$D'_{cfm} = 130 - 10 - 10 = 110 \text{ mm}$$

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

$$\rho = \frac{(4 \cdot h_c) \cdot A_s}{(h_c^2) s}$$

$$= \frac{(4.107,2)(105,62)}{(110^2)50} = 0,0187$$

$$\text{Rasio total} = \rho_x = \rho_y = 0,01899 + 0,01877 + 0,01871$$

$$\rho_x = \rho_y = 0,05647$$

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

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

$$K_e = 0,95$$

$$f'_{lx} = f'_{ly} = 0,95 \times 0,05647 \times 200,98$$

$$= 10,781 \text{ MPa}$$

$$\frac{f'_{lx}}{f'_c} = \frac{f'_{ly}}{f'_c} = \frac{10,781}{20,09} = 0,509$$

$$K = 1 + 2,05 \rho_s \left(\frac{f_{yh}}{f'_c} \right) \quad (2.13)$$

$$K = 1 + 2,05 \times 0,05647 \times \left(\frac{200,98}{20,09} \right) = 1,3685$$

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

$$f'_{\infty} = 1,3685 \times 20,09 = 26,010 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon'_{\infty} = 0,002 \left[1 + 5 \left(\frac{26,010}{20,09} - 1 \right) \right] = 0,00526$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \cdot \rho_s \cdot f_{yh} \cdot \frac{\varepsilon_{sm}}{f'_{\infty}} \quad (2.19)$$

$$\rightarrow \rho_s = 0,01899$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,01899 \times 200,98 \times \frac{0,15}{26,010} = 0,0360$$

Beban maksimum kolom RCFMH adalah :

$$\begin{aligned} P_{maks} &= f'_{cc} \times ((A_g - A_s - A_{sfm}) + (A_s \times n) + (A_{sfm} \times n)) \\ &= 26,010 \times ((16900 - (105,62 + 134,235) + (105,62 \times 9,264) + \\ &\quad (134,235 \times 9,264)) \\ &= 527485,1158 \text{ N} = 52,744 \text{ ton} \end{aligned}$$

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

No	ϵ_c	X	f'_c (Mpa)
1	2	3	4
1	0	0	0
2	0.00075	0.17464	13.986
3	0.00150	0.34929	20.863
4	0.00225	0.52393	24.022
5	0.00300	0.69857	25.410
6	0.00376	0.87322	25.927
7	0.00451	1.04786	26.001
8	0.00526	1.22250	25.841
9	0.00601	1.39714	25.560
10	0.00676	1.57179	25.216
11	0.00751	1.74643	24.843

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.5.

➤ Kolom 1

Nomor urut.

➤ Kolom 2

Regangan beton naik (no urut 1 s/d 8)

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

Regangan beton turun (no urut 8 s/d 10)

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

➤ Kolom 3

Rasio perbandingan regangan beton terhadap regangan saat tegangan mencapai maksimum

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.15)$$

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

➤ Kolom 4

Kuat tekan beton kolom

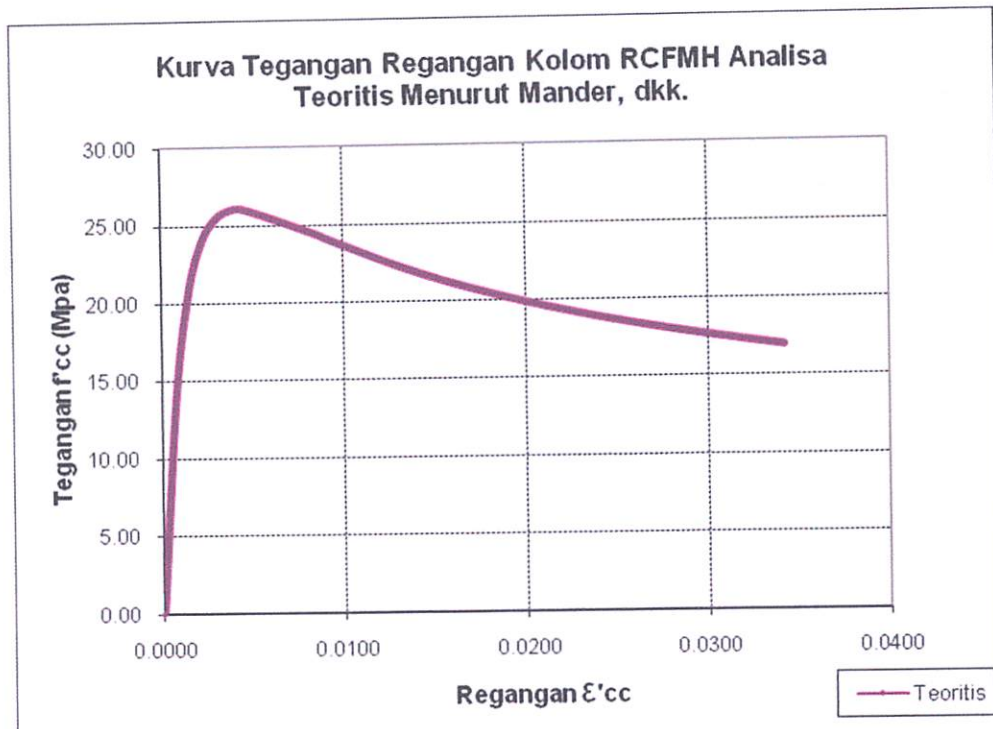
$$f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times r}{r - 1 + x^r} \quad (2.14)$$

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

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.17)$$

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

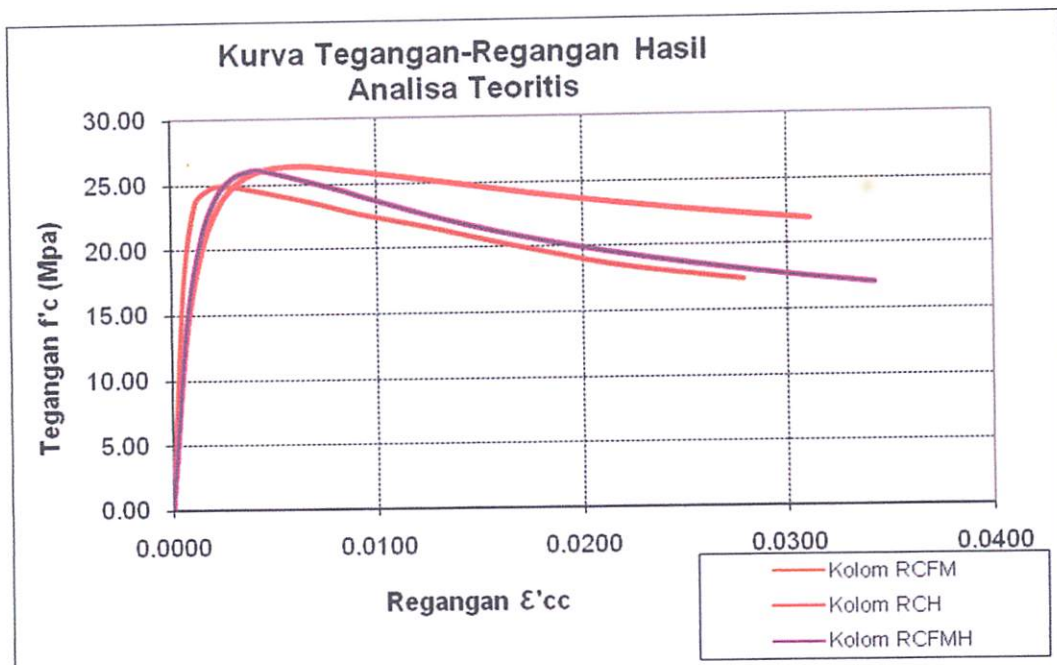
Kurva tegangan-regangan beton kolom terkekang *tulangan sengkang* yang dibungkus dengan *fine mesh (RCFMH)* yang terlihat pada Gambar 3.6. di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.5 yaitu angka-angka pada kolom 2 untuk arah horisontal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



Gambar 3.6. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Analisa Teoritis

Kolom RCFMH

Gambar 3.7 adalah gambar kurva tegangan-regangan hasil analisa teoritis kolom RCP (Gambar 3.3), RCFM (Gambar 3.4), RCS (Gambar 3.5), dan RCFMH (Gambar 3.6) yang digabungkan ke dalam satu kurva. Terlihat pada kurva, kolom beton polos (RCP) yang tak terkekang (unconfined) mempunyai tegangan dan regangan puncak yang lebih kecil daripada kolom beton yang terkekang (confined). Kolom beton polos setelah mencapai tegangan puncak langsung mengalami keruntuhan, sedangkan kolom beton terkekang setelah mencapai tegangan puncak masih mengalami displacement yang besar hingga mencapai regangan ultimit kemudian baru mengalami keruntuhan.



Gambar 3.7. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton Analisa Teoritis

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

Tabel 3.6. Hasil Perhitungan Tegangan-Regangan Teoritis

No	Tipe Kolom	ps	Teoritis			
			f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}	Pmax (ton)
1	RCH	0.01516	26.302	0.00613	0.03358	50,617
2	RCFM	0.00489	24.973	0.00217	0.01973	44,617
3	RCFMH	0.01899	26.010	0.00526	0.03605	52,744

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Laboratorium

4.1.1. Perancangan Campuran Beton

Kuat tekan beton mutu normal direncanakan sebesar $f'_c = 20$ MPa dengan pengadukan menggunakan molen. Mix desain diperhitungkan menggunakan MCP 211-ACI-2006 dengan menggunakan material pasir dan kerikil dari Lumajang Jawa Timur serta Semen Gresik. Hasil perancangan campuran beton untuk 1 m³ dengan komposisi material seperti terlihat pada Tabel 4.1. Hasil perancangan campuran beton selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran L2.1,

Tabel 4.1. Proporsi Campuran Beton Mutu 20 MPa

No.	Material	Volume	Satuan
1	Air	184	kg/m ³
2	Semen	306,66	kg/m ³
3	Agregat Kasar	953,6	kg/m ³
4	Agregat Halus	830,74	kg/m ³

4.1.1. Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder

Pelaksanaan pengujian berdasarkan standard ASTM C39-93a (*Standard Test Method for Compressive Strength of Cylinder Concrete Specimen*). Alat uji tekan yang digunakan adalah *Universal Testing Machine (UTM)*. Untuk mendapatkan kuat tekan beton (f'_c) yang akan dipakai dalam menganalisa data eksperimen, maka dilakukan pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder dengan ukuran 150 x 300 mm. Pengujian dilakukan setelah beton silinder berumur 28 hari, dengan jumlah silinder sebanyak 20 buah. Hasil kuat tekan silinder yang diperoleh sebesar $f'_c = 20.09$ MPa. Perhitungan kuat tekan silinder selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran L3.1.

4.1.3. Pengujian Tarik Baja Tulangan dan Fine Mesh

Pelaksanaan pengujian kuat tarik baja dan *fine mesh* menggunakan SNI 07-2052-2002. Alat uji yang digunakan adalah *Universal Testing Machine (UTM)*. Sebagaimana lazimnya, pengujian spesimen baja hanya dilakukan dengan tarikan saja, sedang pengujian tekan tidak dilakukan. Tulangan longitudinal dan sengkang yang digunakan adalah Baja Tulangan Polos (BJTP) diameter 6 mm dan 8 mm dengan panjang awal BJTP adalah 200 mm serta pengujian *fine mesh* diameter 3 mm dengan panjang awal fine mesh adalah 200 mm. Masing-masing diameter diambil spesimen secara acak. Diameter aktual benda uji BJTP adalah diameter 5,8 mm dan diameter 7,8 dengan kuat leleh rata-rata hasil pengujian adalah $f_y = 200,98$ MPa. Sedangkan diameter aktual *fine mesh* adalah 3 mm dengan tegangan leleh rata-rata hasil pengujian adalah $f_{ym} = 382,77$ MPa. Selengkapannya untuk hasil pengujian dan perhitungan pengujian tarik baja tulangan dan *fine mesh* dapat dilihat pada Lampiran L2.6.

4.2. Hasil Pengujian Tekan Kolom

4.2.1. Kolom Beton terkekang Fine Mesh (RCFM)

1. Mekanisme Keruntuhan.

Mekanisme keruntuhan kolom RCFM-01 diawali dengan retak arah membelah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P = 35$ ton, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan penambahan beban tekan P hingga beban puncak. Seperti terlihat dalam Gambar 4.3a, gambar ini diambil pada saat beban P telah melewati beban puncak tapi kolom tetap ditekan hingga beban turun menjadi $P = 37$ ton yang ditandai dengan lepasnya selimut beton, kemudian bagian inti beton mulai pecah karena efek pengekangan berkurang. Beban tekan tetap diberikan hingga beban turun mencapai $P = 22$ ton dengan besar displacement adalah 9,96 mm, setelah itu kolom hancur dengan yang ditandai dengan lelehnya fine mesh hingga bagian inti beton hancur.

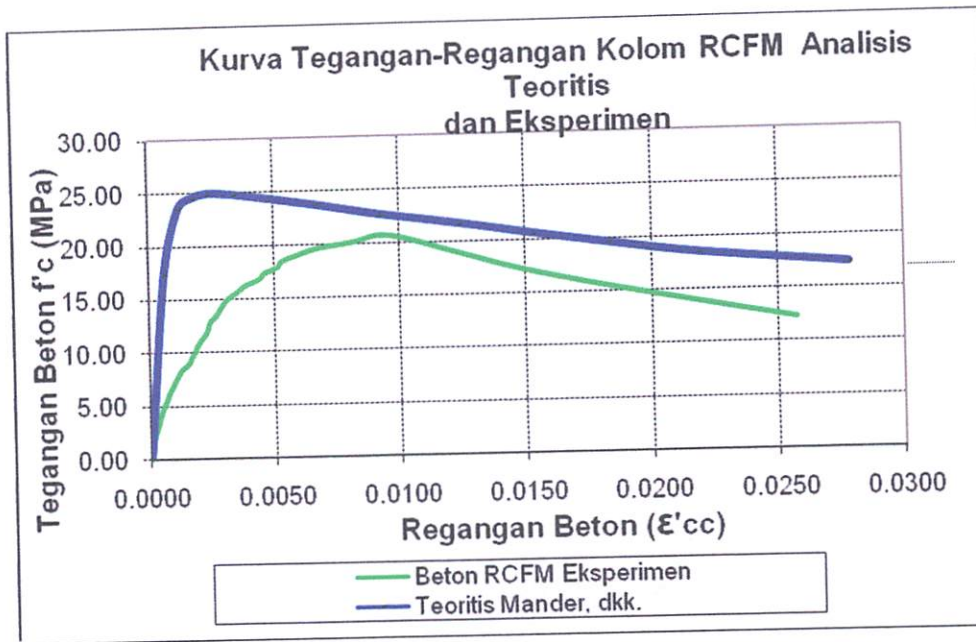


Gambar 4.2. Pengujian Kolom terkekang Fine Mesh (RCFM)

2. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton

Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan (P) dan besar displacement yang diukur menggunakan alat LVDT sebanyak 2 buah dan dilakukan pembacaan nilai displacement menggunakan alat data logger. Nilai displacement yang dipakai adalah nilai rata-rata dari hasil pembacaan 2 buah LVDT yang dibagi dengan tinggi LVDT mula-mula yaitu $L = 260$ mm untuk memperoleh nilai regangan. Hasil eksperimen dan tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 3.3.

Kurva tegangan-regangan beton kolom RCFM hasil analisa eksperimen dapat digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Lampiran 3 Tabel L3.3 yaitu angka-angka pada kolom 9 dan kolom 10 diambil dari Gambar L3.3.3, sedangkan kurva tegangan-regangan beton kolom RCFM hasil analisa teoritis menurut Mander, dkk. diambil dari Gambar 3.5. Kurva tegangan-regangan beton kolom RCFM hasil analisa eksperimen dan teoritis tersebut digabungkan dalam satu gambar seperti terlihat pada Gambar 4.3.



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

Berdasarkan bentuk kurva gabungan dalam Gambar 4.4, terlihat ada perbedaan nilai f'_{cc} , ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu} pada kurva tegangan-regangan beton kolom *RCFM* eksperimen dan teoritis, sehingga rincian perbedaan nilai f'_{cc} , ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu} dapat diuraikan sebagai berikut : kurva hasil analisa eksperimen mempunyai nilai tegangan beton f'_{cc} maksimum sebesar 20,654 MPa sedangkan f'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 24,973 MPa sehingga terdapat perbedaan kuat tekan sebesar 20,9 %. Nilai regangan beton ϵ'_{cc} hasil analisa eksperimen sebesar 0,00940 sedangkan ϵ'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 0,00217 atau mengalami peningkatan sebesar 76,9 %. Nilai regangan beton ultimit ϵ'_{cu} hasil analisa eksperimen sebesar 0,03834 sedangkan ϵ'_{cu} hasil analisa teoritis sebesar 0,01973 atau mengalami peningkatan sebesar 48,6 %. Dapat disimpulkan bahwa pengekangan kolom dengan *fine mesh* (analisa eksperimen) mempunyai daktilitas yang lebih baik dibanding pengekangan kolom dengan *tulangan sengkang BJTP* (analisa teoritis) karena terjadi displacement yang besar sebelum beton kolom pecah.. Tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 3 Tabel L3.3.

sebelum beton kolom pecah.. Tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 3 Tabel L3.3.

4.2.2. Kolom Beton terkekang Tulangan Sengkang (RCH)

1. Mekanisme Keruntuhan.

Mekanisme keruntuhan kolom RCH-01 diawali dengan retak arah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P = 32$ ton, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan dengan penambahan beban tekan P hingga beban puncak. Seperti terlihat dalam Gambar 4.6a, gambar ini diambil pada saat beban P telah mencapai beban puncak $P = 44$ ton yang ditandai dengan lepasnya selimut beton, kemudian bagian inti beton mulai pecah karena efek pengekanan berkurang. Beban tekan tetap diberikan hingga beban turun mencapai $P = 41$ ton lalu terjadi lompatan beban turun hingga mencapai $P = 29$ ton sehingga pengujian kolom RCH-01 dihentikan.

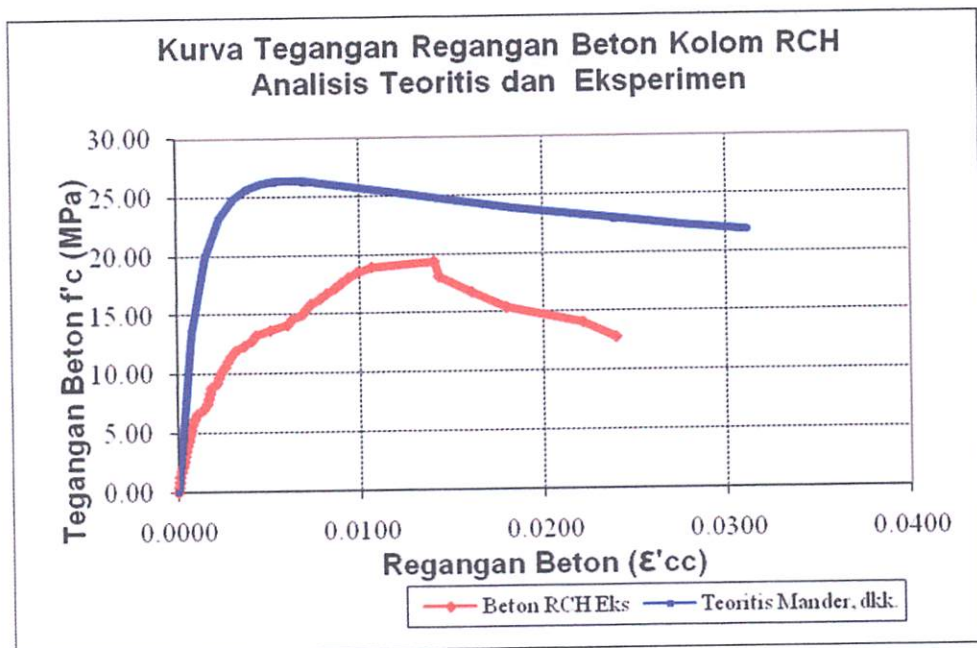


Gambar 4.6. Pengujian Kolom terkekang Tulangan Sengkang (RCH)

2. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton

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

Kurva tegangan-regangan beton kolom *RCH* hasil analisa eksperimen digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Lampiran 3 Tabel L3.4 yaitu angka-angka pada kolom 9 dan kolom 10 diambil dari Gambar 3.4.3, sedangkan kurva tegangan-regangan beton kolom *RCH* hasil analisa teoritis menurut Mander, dkk. diambil dari Gambar 3.6. Kurva tegangan-regangan beton kolom *RCH* hasil analisa eksperimen dan teoritis tersebut digabungkan dalam satu gambar seperti terlihat pada Gambar 4.7.



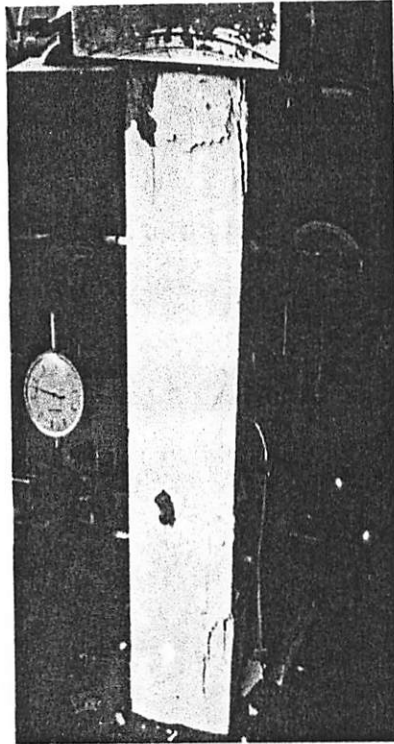
Gambar 4.7. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton terkekang Tulangan Sengkan (*RCH*)

Berdasarkan bentuk kurva gabungan dalam Gambar 4.7, terlihat ada perbedaan nilai f'_{cc} , ε'_{cc} dan ε'_{cu} pada kurva tegangan-regangan beton kolom RCH eksperimen dan teoritis, sehingga rincian perbedaan nilai f'_{cc} , ε'_{cc} dan ε'_{cu} dapat diuraikan sebagai berikut : kurva hasil analisa eksperimen mempunyai nilai tegangan beton f'_{cc} maksimum sebesar 19,352 MPa sedangkan f'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 26,302 MPa sehingga terdapat perbedaan kuat tekan sebesar 35,9 %. Nilai regangan beton ε'_{cc} hasil analisa eksperimen sebesar 0,01400 sedangkan ε'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 0,00613 atau mengalami peningkatan sebesar 56,2 %. Nilai regangan beton ultimit ε'_{cu} hasil analisa eksperimen sebesar 0,04004 sedangkan ε'_{cu} hasil analisa teoritis sebesar 0,03358 atau mengalami peningkatan sebesar 16,1 %. Dapat dikatakan bahwa kurva tegangan-regangan hasil eksperimen mempunyai nilai regangan yang lebih besar sebelum terjadi keruntuhan kolom, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen mempunyai daktilitas yang lebih baik.. Tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 3 Tabel L3.4.

4.2.3. Kolom Beton Terkekang Tulangan Senggang yang dibungkus Fine Mesh (RCFMH)

1. Mekanisme Keruntuhan.

Mekanisme keruntuhan kolom RCFMH-01 diawali dengan retak arah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P = 40$ ton, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan penambahan beban tekan P hingga beban puncak. Seperti terlihat dalam Gambar 4.9, gambar ini diambil pada saat beban P telah mencapai beban puncak $P = 46$ ton yang ditandai dengan lepasnya selimut beton, kemudian bagian inti beton mulai pecah karena efek pengekanan berkurang. Beban tekan tetap diberikan hingga beban turun mencapai $P = 43$ ton lalu terjadi lompatan beban turun hingga mencapai $P = 25$ ton sehingga pengujian kolom RCFMH-01 dihentikan.

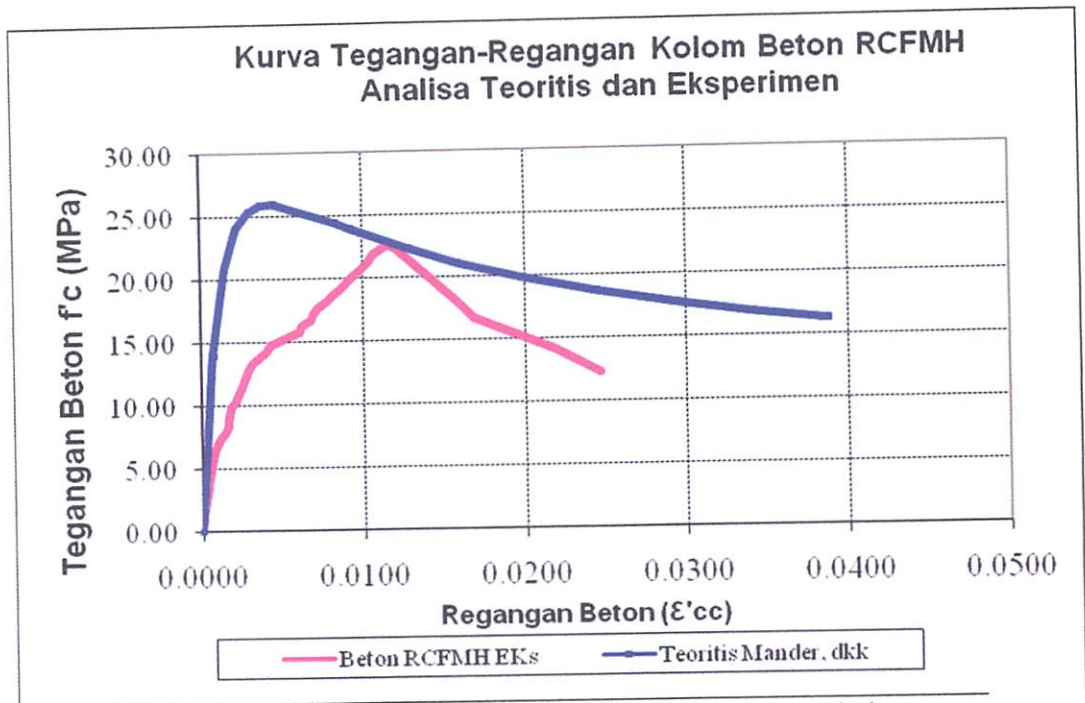


Gambar 4. 9. Pengujian kolom terkekang tulangan sengkang yang dibungkus fine mesh (RCFMH)

2. *Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton*

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

Kurva tegangan-regangan beton kolom *RCFMH* hasil analisa eksperimen digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Lampiran 3 Tabel L3.5 yaitu angka-angka pada kolom 14 dan kolom 20 diambil dari Gambar L3.5.3, sedangkan kurva tegangan-regangan beton kolom *RCFMH* hasil analisa teoritis menurut Mander, dkk. diambil dari Gambar 3.7. Kurva tegangan-regangan beton kolom *RCFM* hasil analisa eksperimen dan teoritis tersebut digabungkan dalam satu gambar seperti terlihat pada Gambar 4.10.

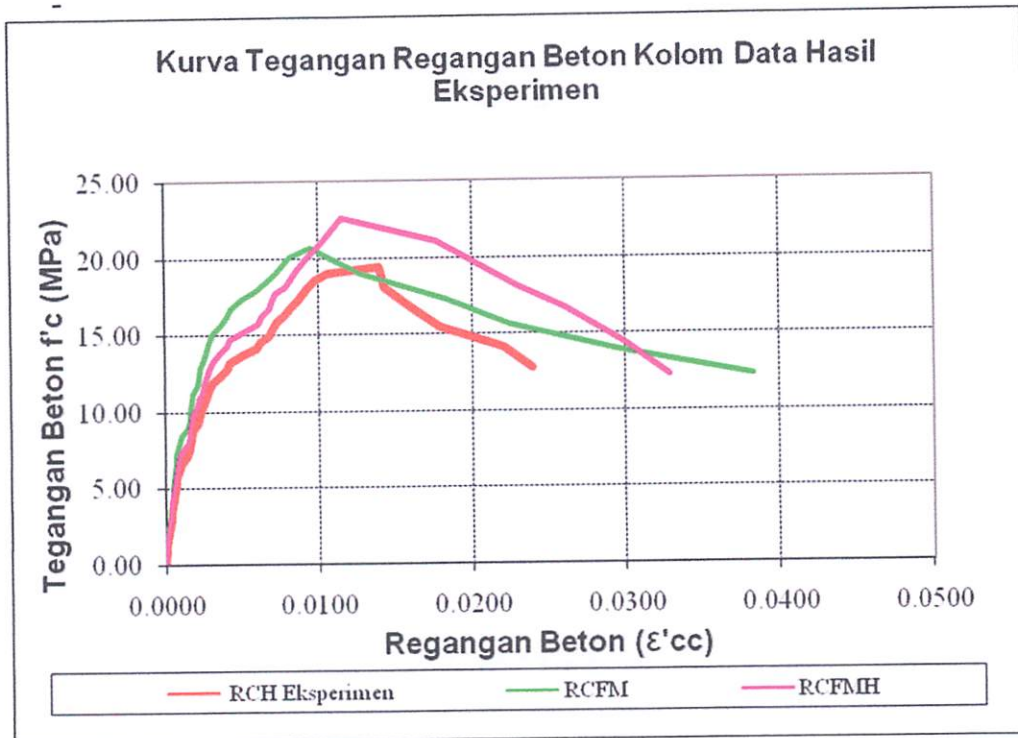


Gambar 4.10. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton terkekang Tulangan Sengkan yang diberi lapisan fine mesh (RCFMH)

Berdasarkan bentuk kurva gabungan dalam Gambar 4.10, terlihat ada perbedaan nilai f'_{cc} , ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu} pada kurva tegangan-regangan beton kolom RCFMH eksperimen dan teoritis, sehingga rincian perbedaan nilai f'_{cc} , ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu} dapat diuraikan sebagai berikut : kurva hasil analisa eksperimen mempunyai nilai tegangan beton f'_{cc} maksimum sebesar 22,605 MPa sedangkan f'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 26,010 MPa sehingga terdapat perbedaan kuat tekan sebesar 15 %. Nilai regangan beton ϵ'_{cc} hasil analisa eksperimen sebesar 0,01158 sedangkan ϵ'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 0,00526 atau mengalami peningkatan sebesar 54,5 %. Nilai regangan beton ultimit ϵ'_{cu} hasil analisa eksperimen sebesar 0,03286 sedangkan ϵ'_{cu} hasil analisa teoritis sebesar 0,03605 atau mengalami peningkatan sebesar 9,7 %. Dapat dikatakan bahwa kurva tegangan-regangan hasil eksperimen mempunyai nilai regangan yang lebih besar sebelum terjadi keruntuhan kolom, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen mempunyai daktilitas yang lebih baik. Tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 3 Tabel L3.5

4.2.4. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton Gabungan 3 Kolom

Terlihat pada Gambar 4.14. kurva tegangan-regangan hasil eksperimen gabungan, didapatkan tegangan pada kolom beton terkekang tulangan sengkang yang diberi lapisan fine mesh (RCFMH) sebesar 22,605 Mpa, selanjutnya kolom beton terkekang fine mesh (RCFM) sebesar 20,654 Mpa, dan kolom beton terkekang tulangan sengkang (RCH) sebesar 19,352 Mpa.



Gambar 4.14. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton Analisa Data Eksperimen

Tabel 4.2. Hasil tegangan-regangan analisa eksperimen

No	Tipe Kolom	ρ_s	Eksperimen				Perbedaan (%)		
			f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}	P_{max} (ton)	f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}
1	RCH	0.01530	19,352	0,01400	0,04004	48,772	0	0	0
2	RCFM	0.00752	20,654	0.00940	0.03833	45,550	6,3038	32,8571	4,2707
3	RCFMH	0.01339	22,605	0.01158	0.03286	46,627	8,6308	18,8255	14,2708

Dari hasil analisa eksperimen pada Tabel 4.2. di atas, terlihat bahwa :

1. Kolom beton yang terkekang *tulangan sengkang BJTP* yang dibungkus *fine mesh* (RCFMH) mempunyai rasio tulangan transversal (ρ_s), memiliki efektifitas pengekangan yang hampir sama dengan kolom beton yang terkekang tulangan sengkang BJTP (RCH), yang mana kuat tekan beton terkekang (f'_{cc}) kolom (RCFMH) berbeda 14 %, regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) kolom RCFMH berbeda 17,2 % dari kolom RCH, sedangkan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) kolom RCFMH berbeda 17,9 % dari kolom RCH.

4.3. Bukti Hipotesa Hasil Analisa

Tabel 4.3. Validasi hasil analisa teoritis dan eksperimen

No	Tipe Kolom	Teoritis			Eksperiment		
		f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}	f'_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}
1	RCH	26.302	0.00613	0.03358	19,352	0,01400	0.04004
2	RCFM	24.973	0.00217	0.01973	20,654	0.00940	0.03834
3	RCFMH	26.010	0.00526	0.03605	22,605	0.01158	0.03286

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

1. Kolom RCFM hasil analisa eksperimen terhadap analisa teoritis untuk kuat tekan beton terkekang (f'_{cc}) berbeda sebesar 20,9 %, regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) berbeda sebesar 76,9 % dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda sebesar 48,6 %.
2. Kolom RCH hasil analisa eksperimen terhadap analisa teoritis untuk kuat tekan beton terkekang (f'_{cc}) berbeda sebesar 35,9 % , regangan beton

terkekang (ε'_{cc}) berbeda sebesar 56,2% dan regangan beton ultimit (ε'_{cu}) berbeda sebesar 16,1 %

3. Kolom RCFMH hasil analisa eksperimen terhadap analisa teoritis untuk kuat tekan beton terkekang (f'_{cc}) berbeda sebesar 15,0 % , regangan beton terkekang (ε'_{cc}) berbeda sebesar 54,5 % dan regangan beton ultimit (ε'_{cu}) berbeda sebesar 9,7 %.
4. Dari uraian di atas kolom RCFM, RCH dan RCFMH, seiring dengan peningkatan ρ_s -nya menunjukkan peningkatan daktilitas secara proporsional.
5. Dari hasil eksperimen terlihat kuat tekan kolom beton terkekang (f'_{cc}) mengalami sedikit penurunan tapi penurunan kuat tekan beton tersebut tidak terlalu mempengaruhi kekuatan kolom karena kekuatan kolom diawali oleh tulangan bukan oleh beton. Regangan beton terkekang (ε'_{cc}) mempunyai nilai yang relatif sama, tapi nilai regangan beton ultimit (ε'_{cu}) peningkatan yang cukup besar bila dibandingkan dengan analisis teoritis, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen mempunyai daktilitas yang baik dan fine mesh cukup aman digunakan sebagai pengekan kolom beton.
6. Dari uraian di atas dapat disimpulkan pula bahwa berturut-turut f'_{cc} dan ε'_{cu} hasil eksperimen ternyata perbedaan rata-rata lebih kecil dari 10 % dan ε'_{cc} rata-rata lebih besar dari 50 % dari hasil teoritis, maka rumus yang diusulkan oleh Mander, dkk. aman dipakai untuk kolom beton yang terkekang menggunakan *fine mesh*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian yang terbatas ini memberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kolom beton dengan pengekangan *tulangan sengkang* yang diberi lapisan *fine mesh* (RCFMH) mempunyai efektifitas pengekangan yang hampir sama bila dibandingkan dengan kolom beton yang dikekang *tulangan sengkang* (RCH) walau ρ_s nya sedikit berbeda, yang mana kuat tekan beton terkekang (f'_{cc}) berbeda 14,3 %, regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) berbeda 17,2 % dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda 17,9 % (lihat Tabel 4.2).
2. Dari hasil pengujian, semua sample menunjukkan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) hasil eksperimental pengekangan *fine mesh* memiliki nilai regangan yang lebih besar dari analisa teoritis, sehingga rumus hubungan tegangan-regangan beton bertulang (f'_{cc} & ϵ'_{cc}) yang diusulkan oleh Mander, dkk. aman digunakan pada kolom beton yang terkekang *fine mesh*.
3. Model kurva hubungan tegangan regangan kolom persegi beton yang terkekang *fine mesh* Ø3-25 dibanding *tulangan sengkang* BJTP Dapat disimpulkan bahwa pengekangan kolom dengan *fine mesh* (analisa eksperimen) mempunyai daktilitas yang lebih baik dibanding pengekangan kolom dengan *tulangan sengkang* BJTP (analisa teoritis) karena terjadi displacement yang besar sebelum beton kolom pecah.
4. Dari model kurva hubungan *tulangan sengkang* BJTP yang di - *retrovit* lapisan *fine mesh* sebagai pengekan (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekang *tulangan sengkang* BJTP Dapat disimpulkan bahwa kurva tegangan-regangan hasil eksperimen mempunyai nilai regangan yang

lebih besar sebelum terjadi keruntuhan kolom, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen mempunyai daktilitas yang lebih baik.

5.2. Saran

- Penambahan jumlah benda uji kolom dan dimensi benda uji perlu dipertimbangkan untuk memperkuat *validitas* hasil penelitian ini.
- 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.

DAFTAR PUSAKA

- 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.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002**, Bandung.
- Li B., Park R., Tanaka K., 1994, **Strength and Ductility of Reinforced Concrete Members and Frames Constructed using HSC**, Dept of Civil engineering, Univ of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Manaha Y. P., 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.
- Park R., Paulay T., 1975, **Reinforced Concrete Structure**, New York : John Wiley and Sons.

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

Wang C.K., Salmon C. G., 1979, Reinforced Concrete Design, New York : Harper and Row.

LAMPIRAN

LAMPIRAN L2.1
PERANCANGAN CAMPURAN BETON

No	Uraian	Tabel, Perhitungan, Peraturan	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan	Ditetapkan	20 N/mm ² pada umur 28 hari
2	Standar Deviasi	Dari laboratorium beton	Bagian Cacat 10% 4 N/mm ²
3	Nilai tambah (margin)		$k = 1,34 \times 4 = 5.36 \text{ N/mm}^2$
4	Kekuatan tekan rata-rata yang ditargetkan	SNI Ps.7.3.2.1 (Prs.1)	$f_{cr} = f_c + 1,34 \times s$ $f_{cr} = 20 + 1,34 \times 4 = 25.36 \text{ N/mm}^2$
		SNI Ps.7.3.2.1 (Prs.2)	$f_{cr} = f_c + 2,33 \times s - 3.5$ $f_{cr} = 20 + 2,33 \times 4 - 3.5 = 25.82 \text{ N/mm}^2$
5	Kekuatan tekan rata-rata yang dipakai	SNI Ps.7.3.2.1 (Prs.2)	25.82 N/mm ²
6	Jenis semen	Ditetapkan	Semen Grasik Tipe I
7	Jenis Agregat kasar	Ditetapkan	Batu Pecah (ukuran maksimum = 19mm)
8	Jenis Agregat halus	Ditetapkan	Pasir lumajang
9	Faktor Air semen	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.4(a)	0,60
10	Nilai slump	MCP 211.1-91 Tabel A1.5.3.1	80 mm
11	Ukuran agregat maksimum	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3	19 mm
12	Kadar air bebas	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3	184 kg/m ³
13	Kadar udara bebas	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3	2% per-m ³
14	Jumlah semen	(12) / (9) MCP pasal 6.3.5 step 5	$184/0,60 = 306.66 \text{ kg/m}^3$
15	Berat jenis semen	Pengujian Lab. Beton ITN	3150 kg/m ³
16	Berat jenis agregat halus	Pengujian Lab. Beton ITN	2730 kg/m ³
17	Berat jenis agregat kasar	Pengujian Lab. Beton ITN	2600 kg/m ³
18	Berat Volume Agregat Kasar	Pengujian Lab. Beton ITN	1490 kg/m ³
19	Jumlah presentasi agregat kasar	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.6	Didapat 0,64 atau 64%
20	Berat Jenis Beton	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.7.1	2275 kg/m ³
21	Jumlah Agregat Kasar	(18) x (19)	$0,64 \times 1490 = 953.6 \text{ kg}$
Sehingga didapat :			
22	Air	(12)	184 kg
23	Semen	(14)	306.66 kg
24	Agregat Kasar	(21)	953.6 kg
25	Total	(22) + (23) + (24)	1444.26 kg
26	Agregat Halus	(20) - (25)	$2275 - 1444.26 = 830.74 \text{ kg}$

Volume padat mutlak dengan jumlah Air, Semen dan Agregat Kasar :		
27	Volume Air	(12) / 1000
28	Volume Semen	(23) / (15)
29	Volume Agregat Kasar	(21) / (17)
30	Volume Udara	(13)
31	Total Volume padat	(27) + (28) + (29) + (30)
32	Volume padat dari pasir	1 - (31)
33	Berat Agregat halus gradient	(32) x (16)

$$184/1000 = 0,184 \text{ m}^3$$

$$306.66/3150 = 0,097 \text{ m}^3$$

$$953.6/2600 = 0,36 \text{ m}^3$$

$$2\% \times 1 = 0,020 \text{ m}^3$$

$$0,661 \text{ m}^3$$

$$1 - 0,661 = 0,339 \text{ m}^3$$

$$0,339 \times 2730 = 925.47 \text{ kg}$$

Maka didapat Campuran Beton :

	Agregat	Berdasarkan Massa beton	Berdasarkan Gradient
34	Air	184 kg/m ³	184 kg/m ³
35	Semen	306.66 kg/m ³	306.66 kg/m ³
36	Agregat Kasar	953.6 kg/m ³	953.6 kg/m ³
	Agregat Halus	830.74 kg/m ³	830.74 kg/m ³

Referensi

- 1 SNI 03-2847-2002 dan S-2002
- 2 ACI - MCP 211.1-91 - 2006

TABEL L3.3

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON TERKEKANG FINE MESH (RCFM)

Es = 200000 MPa
Ec = 21066.28 MPa
n = 0.49

P (ton)	LVD1 (mm)	LVD2 (mm)	SG FM 1	SG FM 2	L (mm)	Ag - A _{tm} (mm ²)	A _{tm} (mm ²)	A _{total} (mm ²)	A FM (mm ²)	f _c (MPa)	fs FM1 (MPa)	fs FM2 (MPa)	fs FM rata (MPa)	ec1	ec2	ec2 Rata2	ε _s FM1	ε _s FM2	ε _s Rata-rata
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0
1	0.01000	0.01000	0.09505	0.11283	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	0.558	7.241	8.580	7.911	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	3.95531E-05
2	0.02000	0.02000	0.12051	0.09115	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	1.116	9.180	8.944	8.082	0.00008	0.00008	0.00008	0.00005	0.00003	4.03095E-05
3	0.03000	0.03000	0.09883	0.05430	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	1.675	7.526	4.138	5.833	0.00008	0.00012	0.00010	0.00004	0.00002	2.91627E-05
4	0.03000	0.05000	0.03639	0.08379	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	2.233	2.772	6.383	4.578	0.00012	0.00019	0.00015	0.00001	0.00003	2.28887E-05
5	0.05000	0.07000	0.05371	0.08527	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	2.791	4.092	6.496	5.294	0.00019	0.00027	0.00023	0.00002	0.00003	2.84693E-05
6	0.07000	0.09000	0.07871	0.06263	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	3.349	5.998	7.057	8.526	0.00027	0.00035	0.00031	0.00003	0.00004	3.26318E-05
7	0.09000	0.10000	0.16725	0.09638	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	3.908	12.741	7.342	10.042	0.00035	0.00038	0.00037	0.00008	0.00004	5.0209E-05
8	0.11000	0.12000	0.15690	0.11777	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	4.466	11.853	8.972	10.462	0.00042	0.00048	0.00044	0.00008	0.00004	6.23118E-05
9	0.15000	0.13000	0.19785	0.14525	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	5.024	15.072	11.085	13.089	0.00058	0.00050	0.00054	0.00008	0.00006	8.53432E-05
10	0.19000	0.15000	0.13418	0.20868	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	5.582	10.222	15.920	13.071	0.00073	0.00058	0.00065	0.00005	0.00008	8.53566E-05
11	0.21000	0.17000	0.13880	0.26217	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	6.140	10.574	19.972	15.273	0.00081	0.00085	0.00073	0.00005	0.00010	7.8368E-05
12	0.26000	0.19000	0.21283	0.67207	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	6.699	18.213	51.198	33.708	0.00100	0.00073	0.00087	0.00008	0.00028	0.000188528
13	0.31000	0.20000	0.29382	0.69302	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	7.257	22.383	52.794	37.589	0.00119	0.00077	0.00098	0.00011	0.00028	0.000187943
14	0.34000	0.24000	0.30599	0.70181	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	7.815	23.310	53.484	38.387	0.00131	0.00082	0.00112	0.00012	0.00027	0.000191935
15	0.37000	0.28000	0.40579	0.71589	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	8.373	30.913	54.536	42.725	0.00142	0.00108	0.00125	0.00015	0.00027	0.000213624
16	0.41000	0.39000	0.42293	0.72214	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	8.932	32.219	55.012	43.816	0.00158	0.00150	0.00154	0.00018	0.00028	0.000219078
17	0.43000	0.43000	0.47480	0.77233	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	9.490	36.171	58.838	47.503	0.00165	0.00185	0.00185	0.00018	0.00029	0.000237517
18	0.46000	0.44000	0.51530	0.83086	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	10.048	39.256	63.285	51.275	0.00188	0.00189	0.00179	0.00020	0.00032	0.000256376
19	0.52000	0.46000	0.73932	0.86074	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	10.606	56.322	65.571	60.948	0.00200	0.00177	0.00188	0.00028	0.00033	0.000304732
20	0.58000	0.46000	0.83078	0.95877	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	11.164	63.289	72.887	68.088	0.00223	0.00185	0.00204	0.00032	0.00036	0.000340439
21	0.60000	0.56000	0.99468	1.18132	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	11.723	76.773	89.993	82.883	0.00231	0.00215	0.00223	0.00038	0.00045	0.000414415
22	0.62000	0.56000	1.10827	1.44239	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	12.281	84.428	109.881	97.154	0.00239	0.00227	0.00233	0.00042	0.00056	0.000485772
23	0.64000	0.61000	1.30378	1.56602	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	12.839	99.322	119.289	109.310	0.00248	0.00235	0.00240	0.00050	0.00080	0.000548552
24	0.69000	0.68000	1.46139	1.65308	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	13.397	111.329	125.930	118.630	0.00265	0.00262	0.00263	0.00056	0.00063	0.000593148
25	0.74000	0.71000	1.55476	1.82773	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	13.956	118.441	139.237	128.839	0.00285	0.00273	0.00279	0.00059	0.00070	0.000644195
26	0.77000	0.76000	1.92715	2.86536	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	14.514	148.810	218.283	182.547	0.00298	0.00282	0.00284	0.00073	0.00109	0.000912734
27	0.82000	0.82000	2.08223	2.95742	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	15.072	158.624	225.298	191.960	0.00315	0.00315	0.00315	0.00078	0.00113	0.000858801
28	0.87000	0.96000	2.47181	3.14714	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	15.630	188.288	239.748	214.018	0.00335	0.00369	0.00352	0.00094	0.00120	0.001070091
29	0.92000	1.06000	2.89297	3.41302	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	16.188	220.388	260.004	240.195	0.00354	0.00408	0.00381	0.00110	0.00130	0.001200978
30	0.95000	1.32000	3.61133	3.89844	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	16.747	275.111	296.883	288.047	0.00385	0.00508	0.00437	0.00138	0.00148	0.001430235
31	0.97000	1.41000	4.33171	4.45928	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	17.305	329.989	339.708	334.849	0.00373	0.00542	0.00458	0.00185	0.00170	0.001874244
32	0.99000	1.66000	4.83171	4.93783	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	17.863	368.079	378.164	372.122	0.00381	0.00638	0.00510	0.00184	0.00188	0.001860609
33	1.02400	1.72000	5.39984	5.68373	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	18.421	411.360	423.845	417.602	0.00394	0.00682	0.00528	0.00212	0.00212	0.002088011
34	1.18000	1.89000	5.94374	6.20974	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	18.980	452.794	473.058	462.826	0.00458	0.00727	0.00592	0.00226	0.00237	0.002314829
35	1.40000	1.93000	6.48874	6.67383	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	19.538	494.312	508.412	501.362	0.00592	0.00742	0.00667	0.00247	0.00254	0.002506811
36	2.19000	2.04000	7.23204	4.87852	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	20.096	550.637	558.408	453.673	0.00842	0.00785	0.00813	0.00275	0.00178	0.002268368
37	2.63000	2.32000	4.70420	4.84121	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	20.654	358.366	368.604	363.585	0.01012	0.00892	0.00952	0.00179	0.00184	0.001817923
38	3.22000	3.12000	4.86770	5.00391	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	18.980	370.821	381.198	378.009	0.01238	0.01200	0.01219	0.00185	0.00191	0.001880047
39	3.80000	3.85000	5.03119	5.16860	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	17.305	383.276	393.592	388.434	0.01462	0.01481	0.01471	0.00182	0.00197	0.00194217
40	4.85000	4.70000	5.19469	5.32928	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	15.630	395.732	405.998	400.859	0.01768	0.01808	0.01798	0.00198	0.00203	0.002004294
41	5.72000	5.80000	5.35818	5.49198	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	13.956	408.187	418.350	413.283	0.02200	0.02154	0.02177	0.00204	0.00209	0.002068417
42	6.85000	6.52000	5.62169	5.65468	260	16781	1133.38	17914.00	3.141593	12.281	420.642	430.774	425.708	0.02635	0.02508	0.02571	0.00210	0.00215	0.002128541

Keterangan Kolom :

1 = Beban Aksial

2 = Displacement pada LVD1

3 = Displacement pada LVD2

4 = Pembacaan regangan pada strain gauge 1

5 = Pembacaan regangan pada strain gauge 2

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

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

11 = Kuat Leleh Fine Mesh 2

12 = Kuat Leleh rata-rata Fine Mesh

13 = Regangan beton pada LVD1

14 = Regangan beton pada LVD2

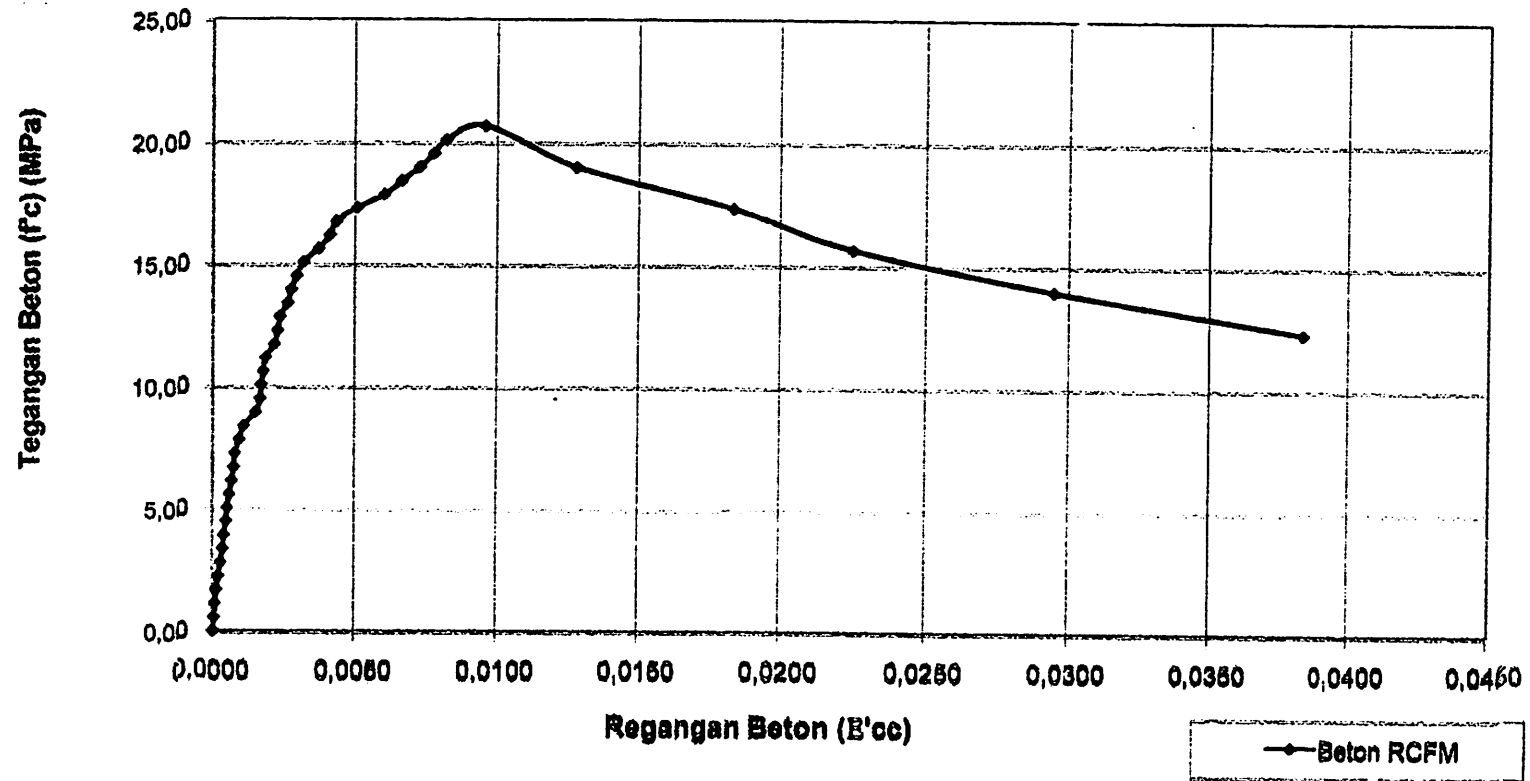
15 = Regangan beton rata-rata

16 = Regangan fine mesh 1

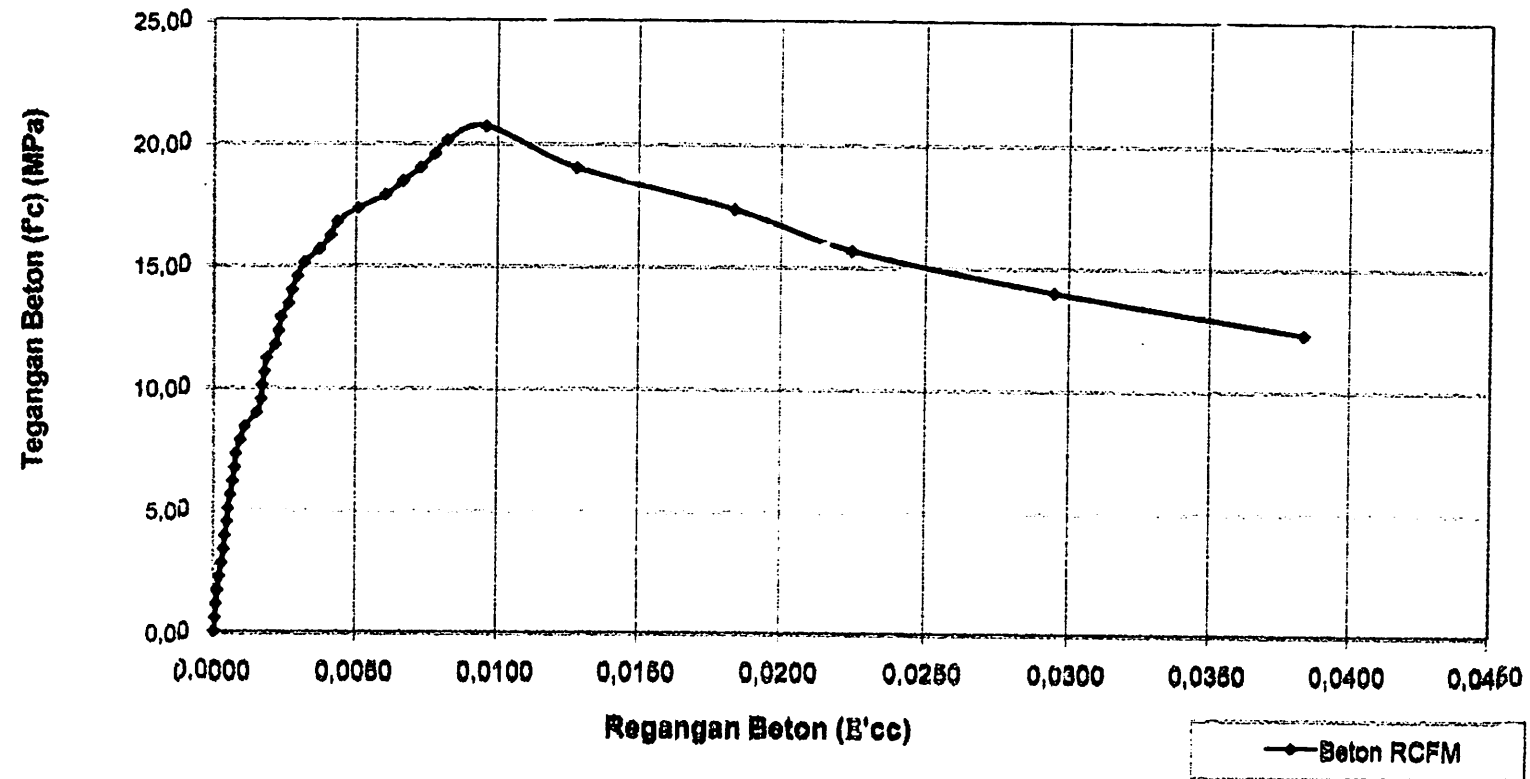
17 = Regangan fine mesh 2

18 = Regangan rata-rata fine mesh

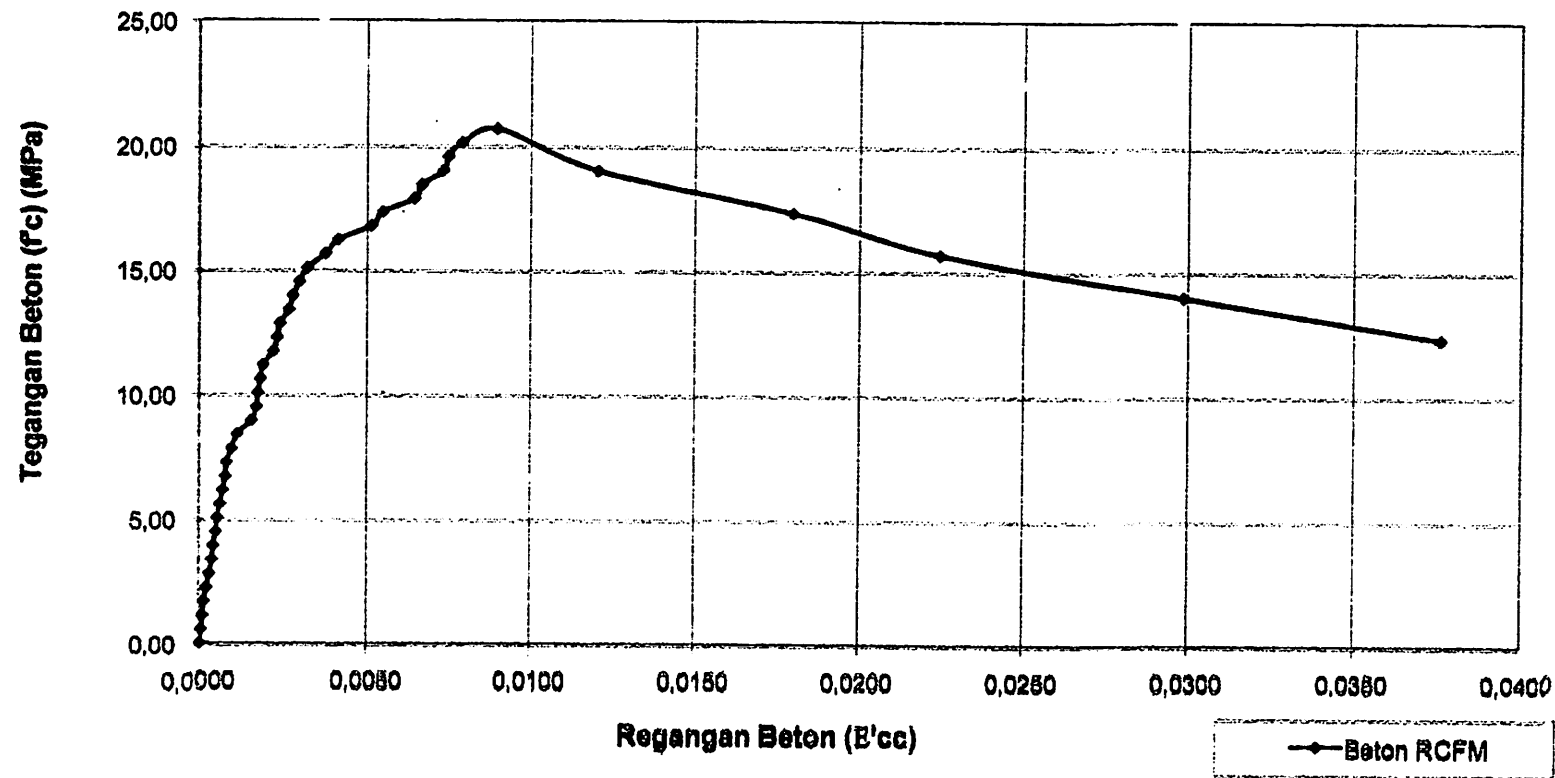
Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFM LVDT 1



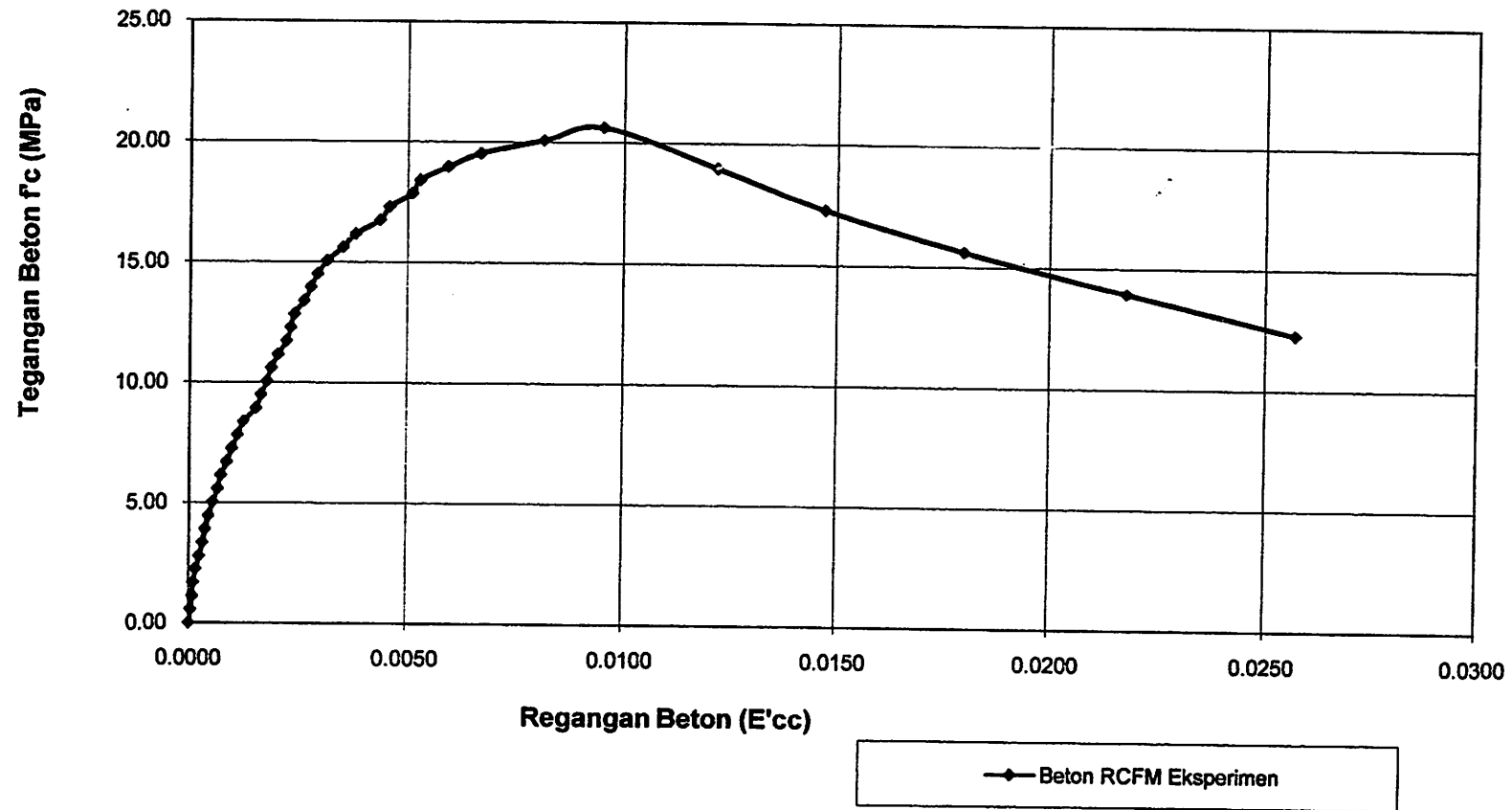
Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFM LVDT 1



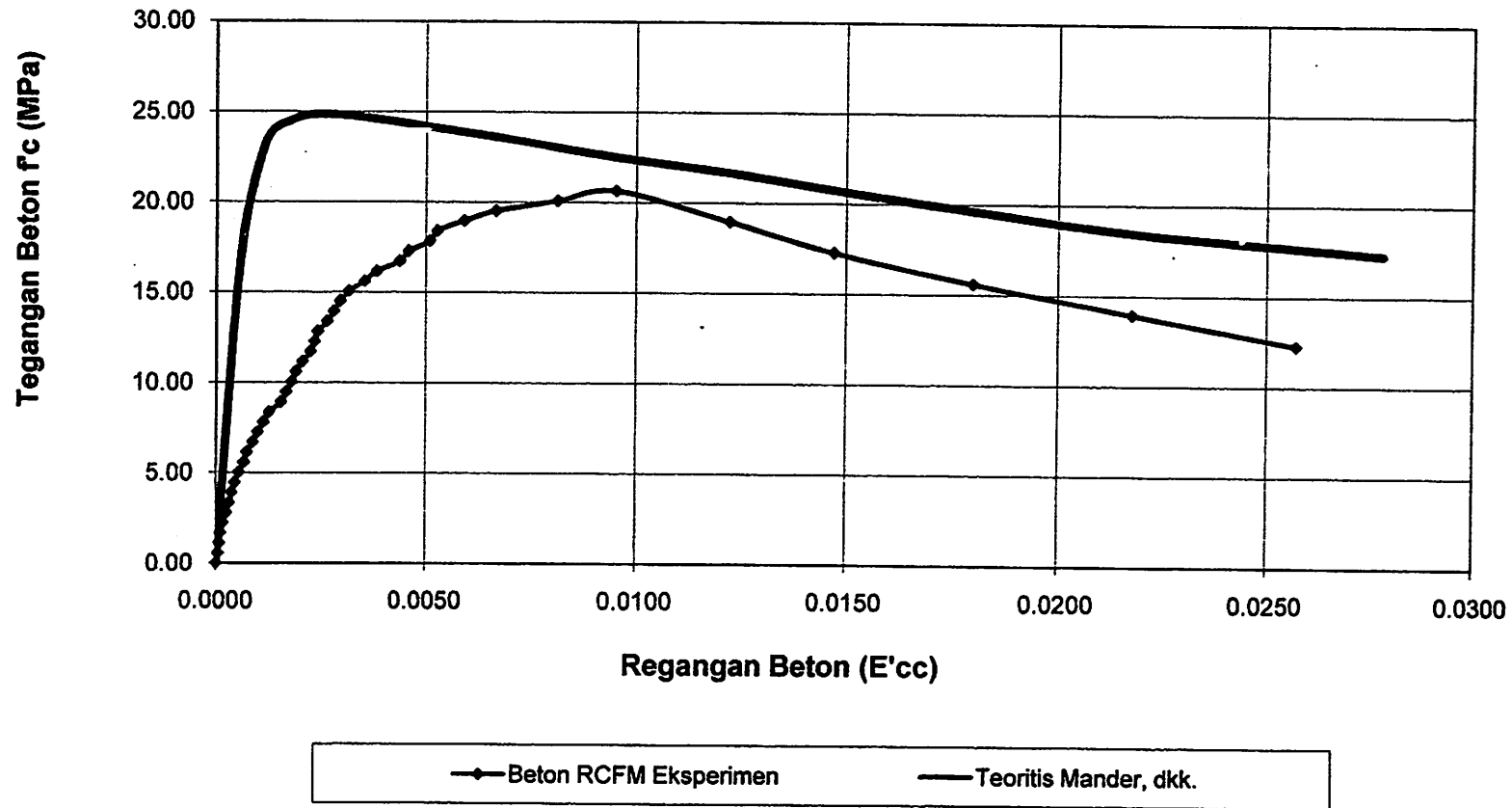
Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFM LVDT 2



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



Kurva Tegangan-Regangan Kolom RCFM Analisis Teoritis dan Eksperimen



TABEL L3.4

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON TERKEKANG TULANGAN SENGKANG (RCH)

Es = 200000 Mpa
Ec = 21068.28 Mpa
n = 9.49

P (ton)	LVDT1 (mm)	LVDT2 (mm)	Strain Gauge	L (mm)	A _g - A _s (mm ²)	A _g - n (mm ²)	A _{total} (mm ²)	A _{sengkang} (mm ²)	f _c Mpa	f _s Sengkang (Mpa)	ε _{s1}	ε _{s2}	sc2 rata-rata	ε _{s1} SG
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0.00000	0.00000	0	260	16889.82	96.63558	16986.46	26.42079	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0	0.000000
1	0.01000	0.01000	0.05319008	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	0.440	4.052	0.00004	0.00004	3.85E-05	0.000020
2	0.02000	0.02000	0.04854958	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	0.880	3.548	0.00008	0.00008	7.69E-05	0.000018
3	0.03000	0.02000	0.04713556	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	1.319	3.591	0.00012	0.00008	9.62E-05	0.000018
4	0.05000	0.04000	0.06210844	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	1.759	4.731	0.00019	0.00015	0.000173	0.000024
5	0.07000	0.08000	0.05611876	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	2.199	4.275	0.00027	0.00023	0.00025	0.000021
6	0.09000	0.08000	0.06386724	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	2.639	4.885	0.00035	0.00031	0.000327	0.000024
7	0.10000	0.10000	0.08267756	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	3.079	6.314	0.00038	0.00038	0.000385	0.000032
8	0.12000	0.11000	0.08919272	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	3.519	6.795	0.00046	0.00042	0.000442	0.000034
9	0.13000	0.13000	0.1441406	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	3.959	10.981	0.00050	0.00050	0.0005	0.000055
10	0.16000	0.15000	0.10556888	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	4.398	8.045	0.00062	0.00058	0.000598	0.000040
11	0.17000	0.17000	0.1016278	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	4.838	7.742	0.00065	0.00065	0.000654	0.000039
12	0.19000	0.19000	0.11230468	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	5.278	8.555	0.00073	0.00073	0.000731	0.000043
13	0.20000	0.21000	0.10468756	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	5.718	7.975	0.00077	0.00081	0.000788	0.000040
14	0.23000	0.24000	0.09550772	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	6.158	7.278	0.00088	0.00092	0.000904	0.000038
15	0.27000	0.28000	0.09973948	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	6.597	7.598	0.00104	0.00108	0.001058	0.000038
16	0.35000	0.39000	0.10286452	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	7.037	7.836	0.00135	0.00150	0.001423	0.000039
17	0.41000	0.43000	0.11373684	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	7.477	8.664	0.00158	0.00165	0.001615	0.000043
18	0.44000	0.44000	0.1174476	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	7.917	8.947	0.00169	0.00169	0.001692	0.000045
19	0.46000	0.48000	0.11184892	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	8.357	8.521	0.00177	0.00177	0.001789	0.000043
20	0.47000	0.48000	0.11467388	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	8.797	8.759	0.00181	0.00185	0.001827	0.000044
21	0.56000	0.56000	0.08912756	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	9.236	6.790	0.00216	0.00215	0.002154	0.000034
22	0.59000	0.59000	0.08932284	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	9.676	8.805	0.00227	0.00227	0.002289	0.000034
23	0.61000	0.64000	0.07675788	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	10.116	5.847	0.00235	0.00248	0.002404	0.000029
24	0.68000	0.68000	0.0903644	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	10.556	6.894	0.00262	0.00262	0.002615	0.000034
25	0.71000	0.72000	0.08951812	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	10.996	6.819	0.00273	0.00277	0.00275	0.000034
26	0.76000	0.76000	0.12658248	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	11.435	9.642	0.00292	0.00292	0.002923	0.000048
27	0.82000	0.83000	0.13990892	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	11.875	10.658	0.00315	0.00319	0.003173	0.000053
28	0.96000	0.94000	0.11826438	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	12.315	9.012	0.00369	0.00362	0.003654	0.000045
29	1.06000	1.08000	0.14496696	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	12.755	11.045	0.00408	0.00408	0.004077	0.000055
30	1.12000	1.11000	0.15475268	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	13.195	11.789	0.00431	0.00427	0.004288	0.000059
31	1.31000	1.34000	0.15201824	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	13.635	11.581	0.00504	0.00515	0.005096	0.000058
32	1.56000	1.58000	0.18092436	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	14.074	13.783	0.00600	0.00608	0.006038	0.000069
33	1.62000	1.64000	0.1880208	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	14.514	14.323	0.00623	0.00631	0.006269	0.000072
34	1.78000	1.78000	0.21184896	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	14.954	16.139	0.00685	0.00685	0.006846	0.000081
35	1.85000	1.82000	0.23710936	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	15.394	18.083	0.00712	0.00700	0.007058	0.000090
36	1.92000	1.89000	0.27200516	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	15.834	20.721	0.00738	0.00727	0.007327	0.000104
37	2.02000	2.05000	0.30097852	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	16.274	22.828	0.00777	0.00788	0.007827	0.000115
38	2.12000	2.14000	0.33977786	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	16.713	25.884	0.00815	0.00823	0.008182	0.000129
39	2.26000	2.24000	0.37408856	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	17.153	28.498	0.00869	0.00862	0.008654	0.000142
40	2.33000	2.35000	0.37408856	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	17.593	28.498	0.00896	0.00904	0.009	0.000142
41	2.45000	2.43000	0.4376954	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	18.033	33.344	0.00942	0.00935	0.009385	0.000167
42	2.57000	2.56000	0.53431	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	18.473	40.704	0.00988	0.00985	0.009865	0.000204
43	2.76000000	2.76000000	0.67262772	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	18.913	51.253	0.01069	0.01062	0.010654	0.000258
44	3.64000000	3.67000000	0.95782835	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	19.352	73.729	0.01400	0.01412	0.014058	0.000369
41	3.85000000	3.80000000	1.32827362	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	18.033	101.188	0.01481	0.01385	0.014327	0.000506
38	4.26000000	4.11000000	1.63368929	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	18.713	124.470	0.01638	0.01581	0.016096	0.000622
35	4.89000000	4.50000000	1.856457454	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	15.394	141.425	0.01865	0.01731	0.017861	0.000707
32	5.62000000	5.70000000	2.304898495	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	14.074	175.587	0.02238	0.02192	0.022154	0.000878
29	6.23000000	6.22500000	2.852673526	260	16889.82	5846.453	22736.27	26.42079	12.755	217.117	0.02396	0.02394	0.023952	0.001087

Keterangan Kolom :

1 = Beban Aksial

2 = Displacement pada LVDT 1

3 = Displacement pada LVDT 2

4 = Pembacaan regangan pada strain gauge

6 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan beton

Ba: is Yang Berwarna Biru adalah Pada Saat Terjadi Awal Retak

B: is Yang Berwarna Hijau adalah Pada Saat Beban Puncak

Baris Yang Berwarna Merah adalah Pada Saat Hancurnya Kolom

6 = Luas penampang kolom

7 = Luas Penampang Tulangan Sengkang BJTP

8 = Kuat Tekan Beton

9 = Kuat Lelah Tulangan Sengkang BJTP

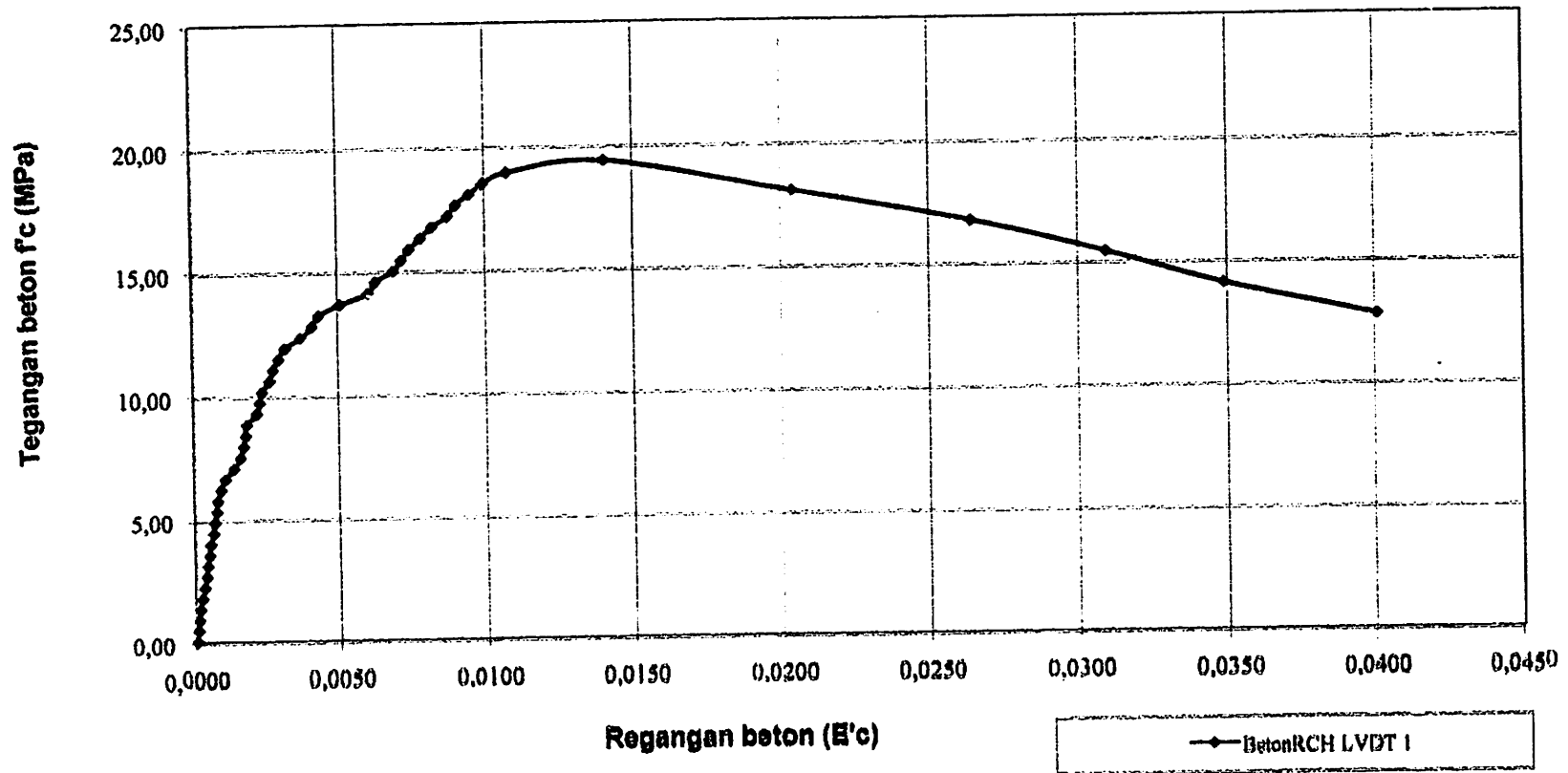
10 = Regangan beton pada LVDT 1

11 = Regangan beton pada LVDT 2

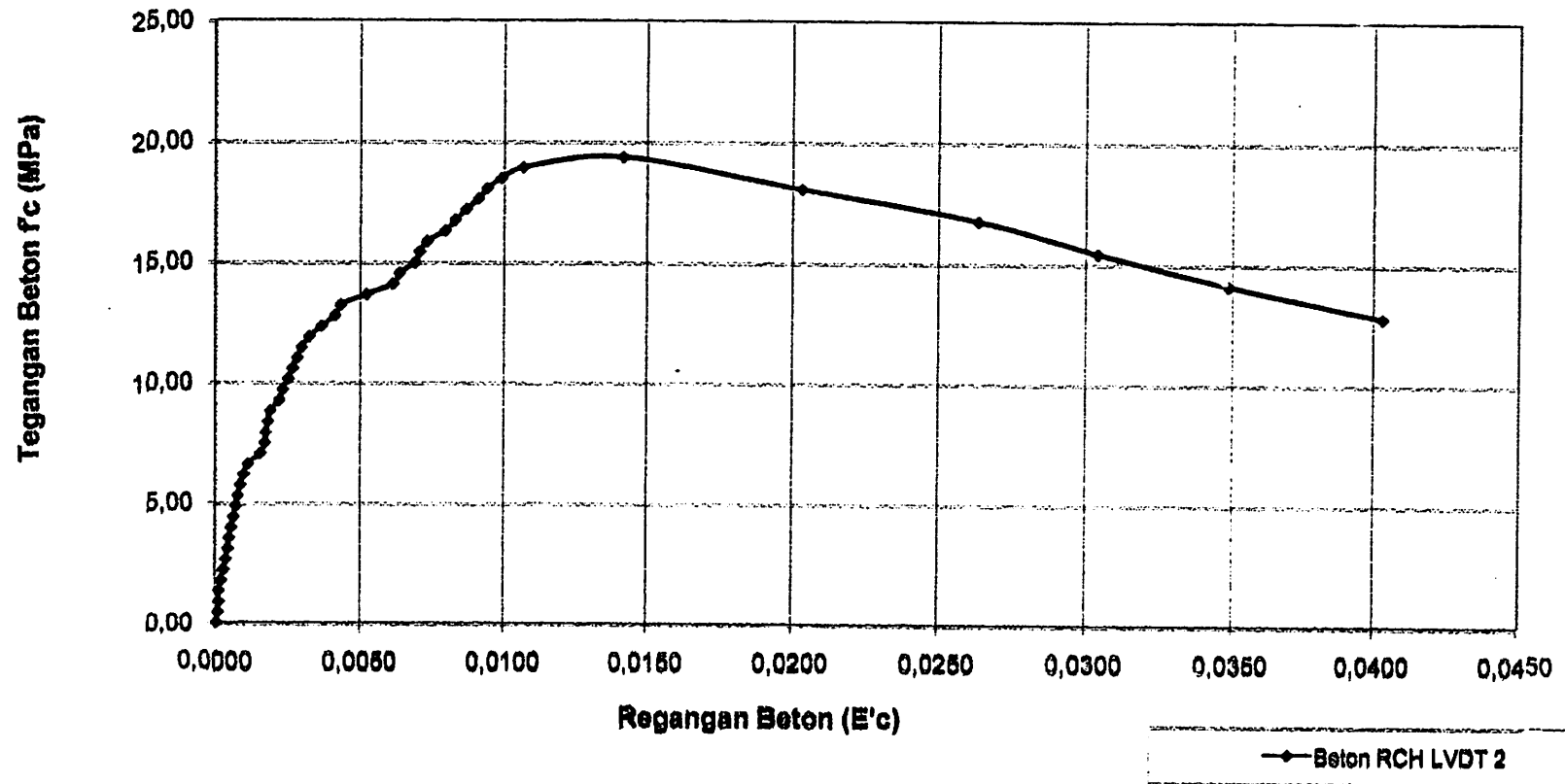
12 = Regangan beton rata-rata

13 = Regangan Baja Tulangan Sengkang BJTP

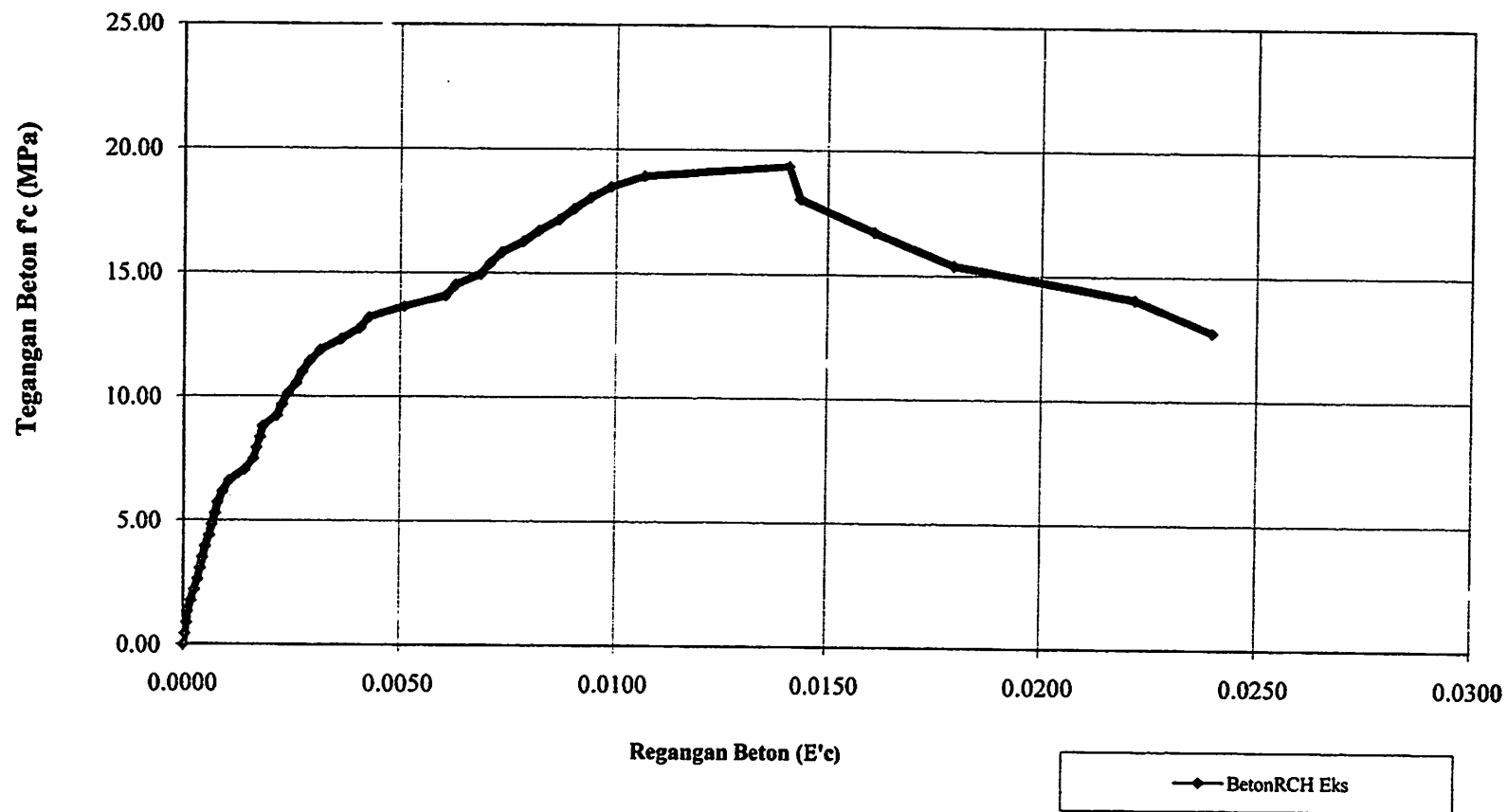
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCH LVDT 1



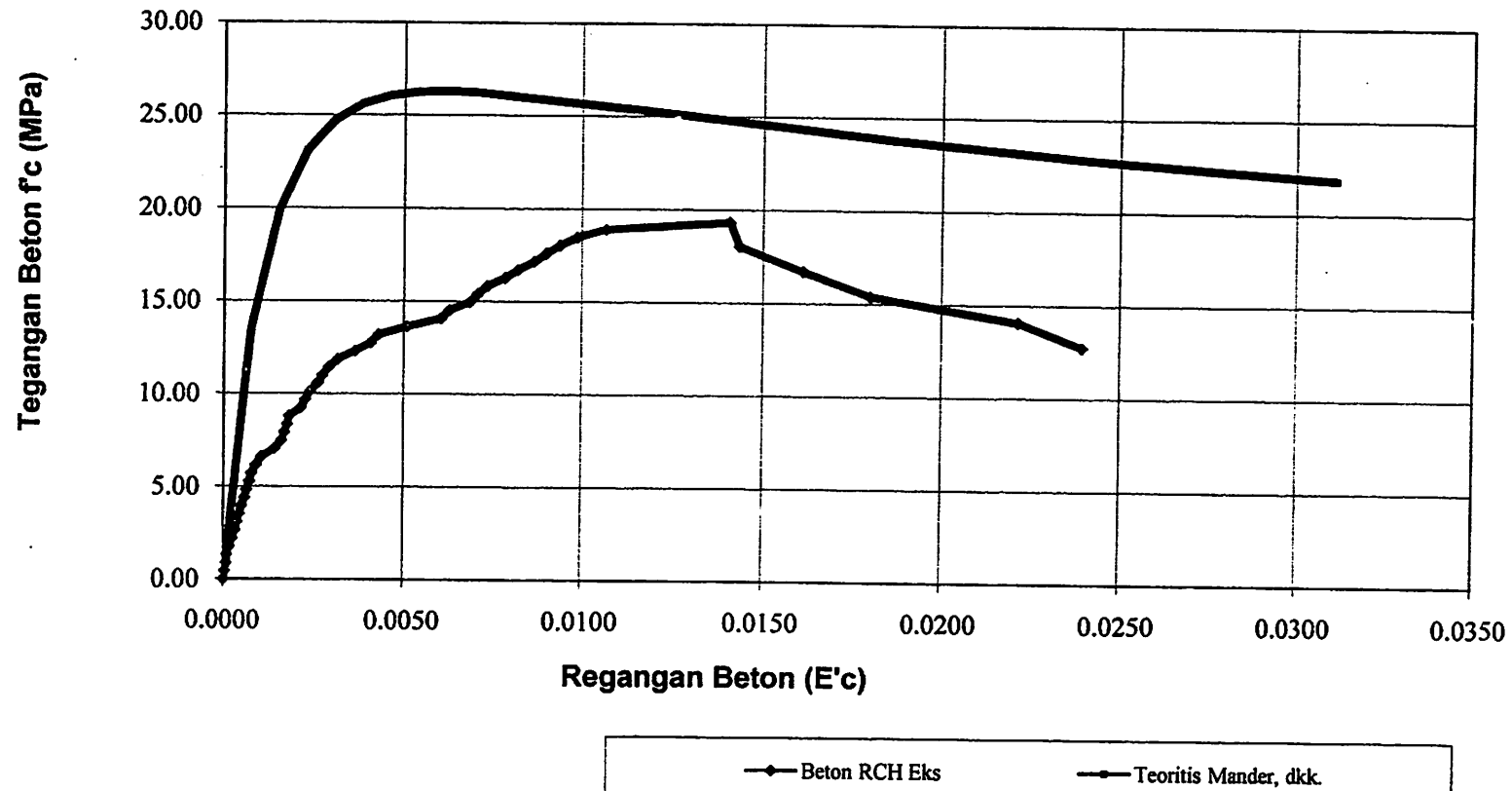
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCH LVDT2



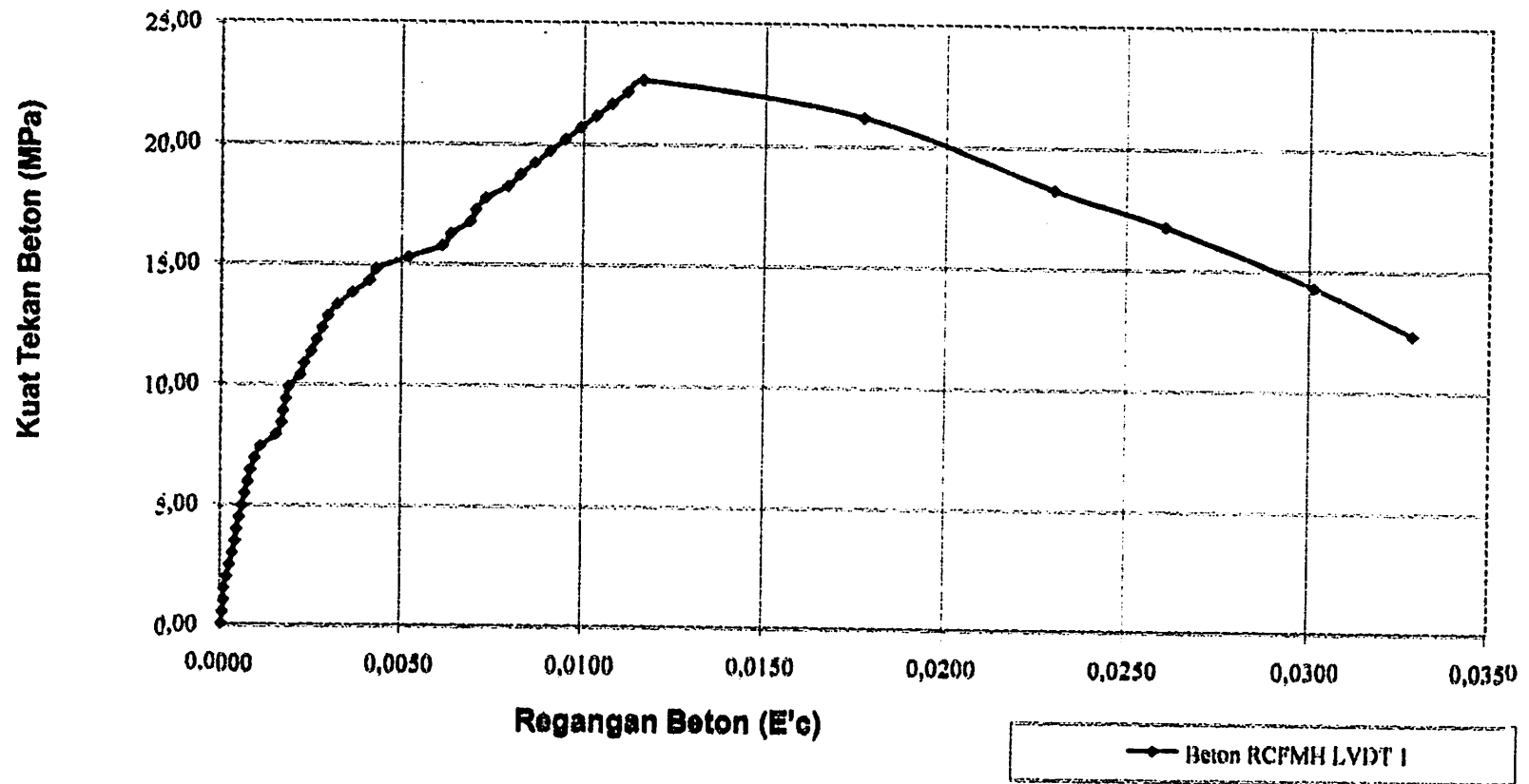
Kurva Tegangan Regangan Kolom RCH Eksperimen



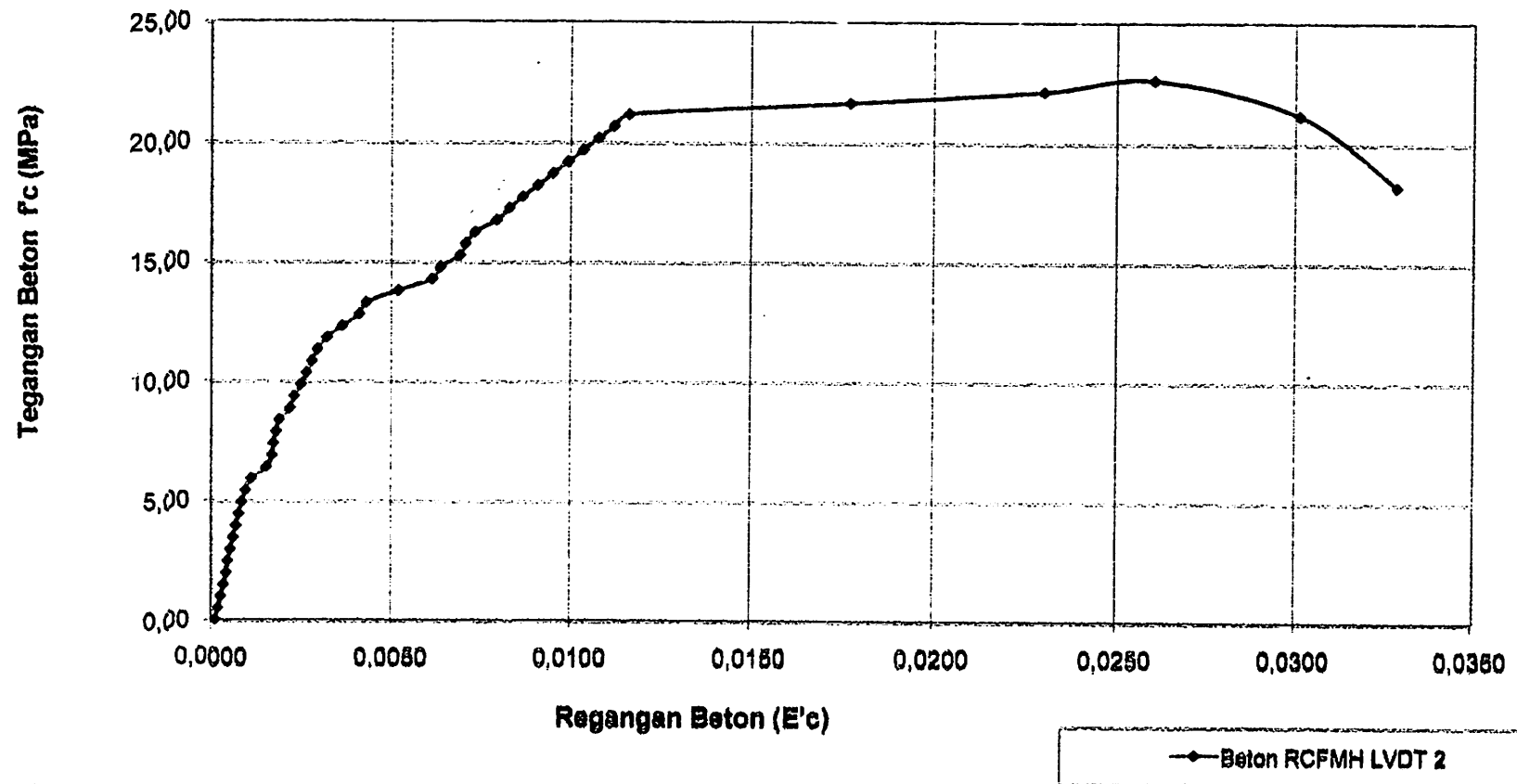
Kurva Tegangan Regangan Beton Kolom RCH Analisis Teoritis dan Eksperimen



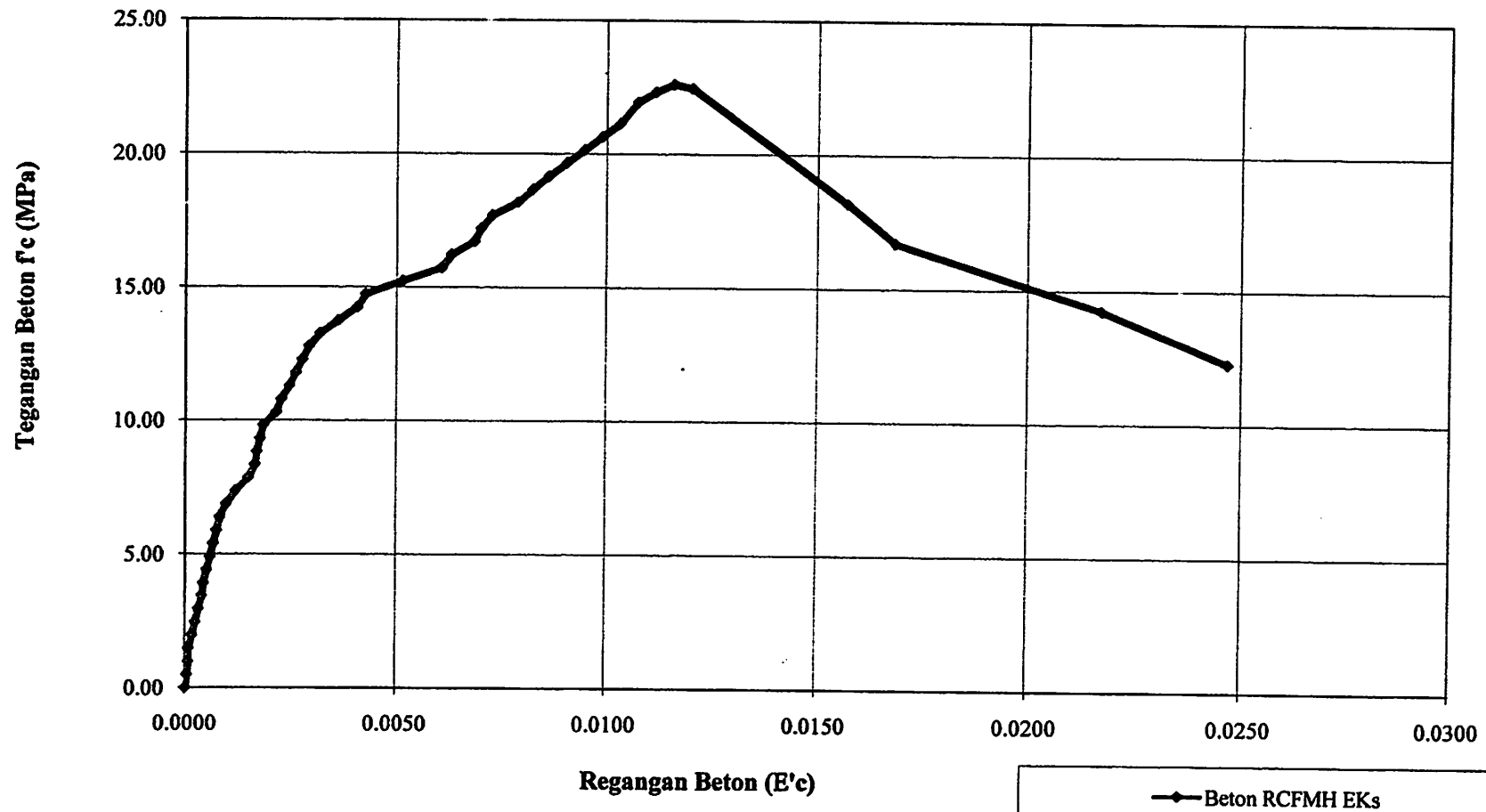
Kurva Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFMH LVDT 1



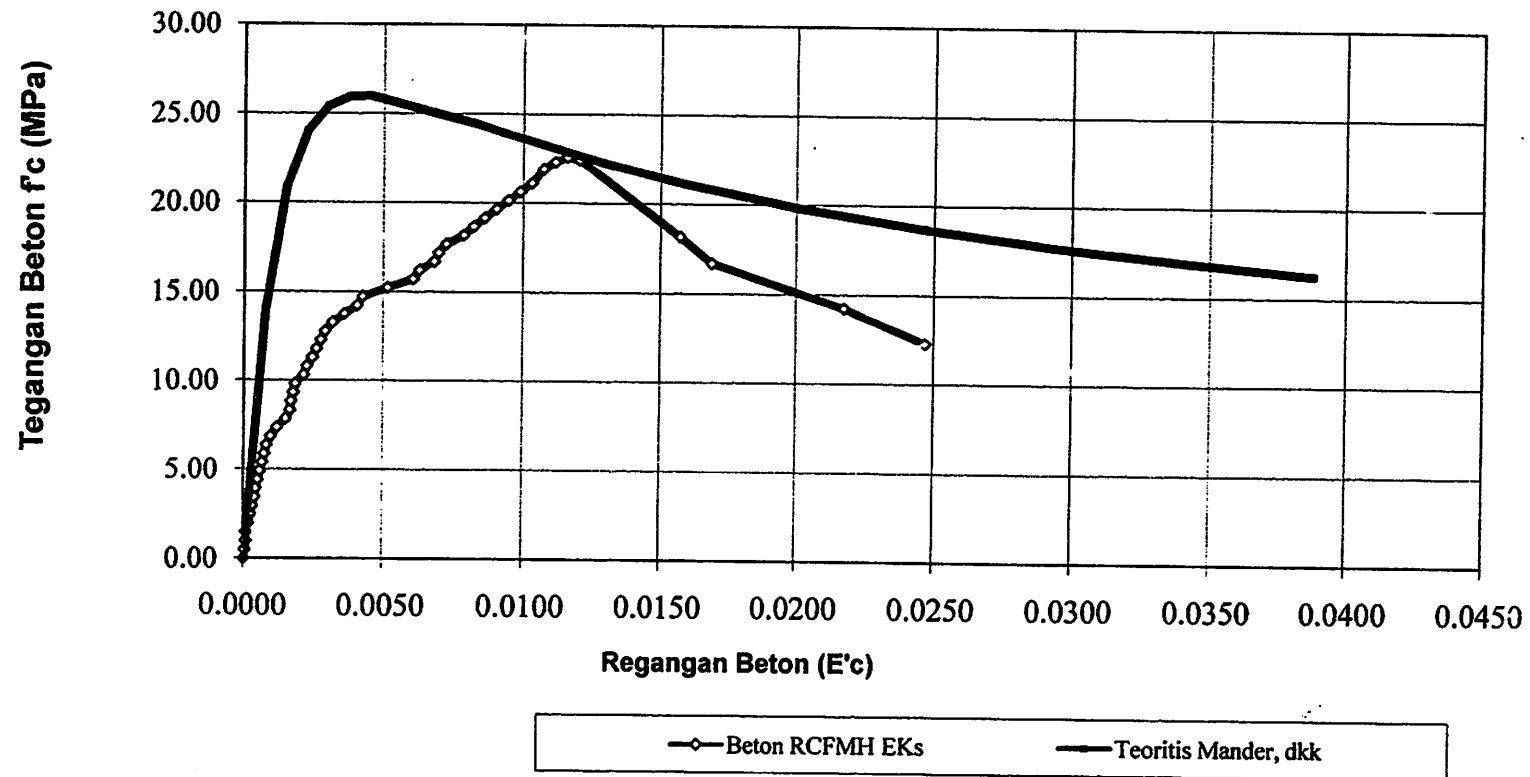
Kurva Tegangan - Regangan Beton Kolom RCFMH LVDT2



Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton RCFMH (Rata-rata)



Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton RCFMH Analisa Teoritis dan Eksperimen



absolute volume. The equivalent $w/(c + p)$ ratio by volume will have to be recomputed for this condition since F_v has been changed from that originally assumed in this example

$$\begin{aligned}\frac{W}{c+p} &= \frac{3.15 \left(\frac{w}{c} \right)}{3.15(1 - F_v) + \frac{G_p(F_v)}{(3.15)(0.60)}} \\ &= \frac{3.15(0.75) + 2.40(0.25)}{1.89 + 0.60} = \frac{1.89}{2.96} = 0.64\end{aligned}$$

Total cementitious material would be $270 + 0.64 = 422$ lb. Of this weight 20 percent ($F_v = 0.20$) would be fly ash; $(422)(0.20) = 84$ lb of fly ash and $422 - 84 = 338$ lb of cement.

6.3.5 Step 5. Calculation of cement content -- The amount of cement per unit volume of concrete is fixed by the determinations made in Steps 3 and 4 above. The required cement is equal to the estimated mixing-water content (Step 3) divided by the water-cement ratio (Step 4). If, however, the specification includes a separate minimum limit on cement in addition to requirements for strength and durability, the mixture must be based on whichever criterion leads to the larger amount of cement.

The use of pozzolanic or chemical admixtures will affect properties of both the fresh and hardened concrete. See ACI 212.

6.3.6 Step 6. Estimation of coarse aggregate content -- Aggregates of essentially the same nominal maximum size and grading will produce concrete of satisfactory workability when a given volume of coarse aggregate, on an oven-dry-rodded basis, is used per unit volume of concrete. Appropriate values for this aggregate volume are given in Table 6.3.6. It can be seen that, for equal workability, the volume of coarse aggregate in a unit volume of concrete is dependent only on its nominal maximum size and the fine-

ness modulus of the fine aggregate. Differences in the amount of mortar required for workability with different aggregates, due to differences in particle shape and grading, are compensated for automatically by differences in oven-dry-rodded void content.

The volume of aggregate in ft^3 , on an oven-dry-rodded basis, for a yd^3 of concrete is equal to the value from Table 6.3.6 multiplied by 27. This volume is converted to dry weight of coarse aggregate required in a yd^3 of concrete by multiplying it by the oven-dry-rodded weight per ft^3 of the coarse aggregate.

6.3.6.1 For more workable concrete, which is sometimes required when placement is by pump or when concrete must be worked around congested reinforcing steel, it may be desirable to reduce the estimated coarse aggregate content determined using Table 6.3.6 by up to 10 percent. However, caution must be exercised to assure that the resulting slump, water-cement or water-cementitious materials ratio, and strength properties of the concrete are consistent with the recommendations in Section 6.3.3 and 6.3.4 and meet applicable project specification requirements.

6.3.7 Step 7. Estimation of fine aggregate content -- At completion of Step 6, all ingredients of the concrete have been estimated except the fine aggregate. Its quantity is determined by difference. Either of two procedures may be employed: the weight method (Section 6.3.7.1) or the absolute volume method (Section 6.3.7.2).

6.3.7.1 If the weight of the concrete per unit volume is assumed or can be estimated from experience, the required weight of fine aggregate is simply the difference between the weight of fresh concrete and the total weight of the other ingredients. Often the unit weight of concrete is known with reasonable accuracy from previous experience with the materials. In the absence of such information, Table 6.3.7.1 can be used to make a first estimate. Even if the estimate of concrete weight per yd^3 is rough, mixture proportions will be sufficiently accurate to permit easy adjustment on the basis of trial batches as will be shown in the examples.

Table 6.3.6 -- Volume of coarse aggregate per unit of volume of concrete

Nominal maximum size of aggregate, in.	Volume of oven-dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli of fine aggregate†			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.80	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

*Volumes are based on aggregates in oven-dry-rodded condition as described in ASTM C 29.

†These volumes are selected from empirical relationships to produce concrete with a degree of workability suitable for usual reinforced construction. For less workable concrete, such as required for concrete pavement construction, they may be increased about 10 percent. For more workable concrete see Section 6.3.6.1.

See ASTM C 136 for calculation of fineness modulus.

Table 6.3.7.1 -- First estimate of weight of fresh concrete

Nominal maximum size of aggregate, in.	First estimate of concrete weight, lb/yd³*	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
3/8	3840	3710
1/2	3890	3760
3/4	3960	3840
1	4010	3850
1 1/2	4070	3910
2	4120	3950
3	4200	4040
6	4260	4110

*Values calculated by Eq. (6-1) for concrete of medium richness (550 lb of cement per yd^3) and medium slump with aggregate specific gravity of 2.7. Water requirements based on values for 3 to 4 in. slump in Table 6.3.3. If desired, the estimated weight may be refined as follows if necessary information is available: for each 10 lb difference in mixing water from the Table 6.3.3 values for 3 to 4 in. slump, correct the weight per yd^3 15 lb in the opposite direction; for each 100 lb difference in cement content from 550 lb, correct the weight per yd^3 15 lb in the same direction; for each 0.1 by which aggregate specific gravity deviates from 2.7, correct the concrete weight 100 lb in the same direction. For air-entrained concrete the air content for severe exposure from Table 6.3.3 was used. The weight can be increased 1 percent for each percent reduction in air content from that amount.

TABLE A1.5.33 — APPROXIMATE MIXING WATER AND AIR CONTENT REQUIREMENTS FOR DIFFERENT SLUMPS AND NOMINAL MAXIMUM SIZES OF AGGREGATES (SI)

Water, Kg/m ³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate								
Slump, mm	9.5*	12.5*	19*	25*	37.5*	50†*	75††	150††
Non-air-entrained concrete								
25 to 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	206	193	181	169	148	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***††	1.0***††
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5***††	3.0***††	3.0***††
Extreme exposure††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***††	4.0***††

*The quantities of mixing water given for air-entrained concrete are based on typical total air content requirements as shown for "moderate exposure" in the Table above. These quantities of mixing water are for use in computing cement contents for trial batches at 20 to 25 C. They are maximum for reasonably well-shaped angular aggregates graded within limits of accepted specifications. Rounded coarse aggregate will generally require 18 kg less water for non-air-entrained and 15 kg less for air-entrained concretes. The use of water-reducing chemical admixtures, ASTM C 494, may also reduce mixing water by 5 percent or more. The volume of the liquid admixtures is included as part of the total volume of the mixing water.

†The slump values for concrete containing aggregate larger than 40 mm are based on slump tests made after removal of particles larger than 40 mm by wet-screening.

‡These quantities of mixing water are for use in computing cement factors for trial batches when 75 mm or 150 mm normal maximum size aggregate is used. They are average for reasonably well-shaped coarse aggregates, well-graded from coarse to fine.

§Additional recommendations for air content and necessary tolerances on air content for control in the field are given in a number of ACI documents, including ACI 201, 345, 318, 301, and 302. ASTM C 94 for ready-mixed concrete also gives air content limits. The requirements in other documents may not always agree exactly so in proportioning concrete consideration must be given to selecting an air content that will meet the needs of the job and also meet the applicable specifications.

**For concrete containing large aggregates which will be wet-screened over the 40 mm sieve prior to testing for air content, the percentage of air expected in the 40 mm minus material should be as tabulated in the 40 mm column. However, initial proportioning calculations should include the air content as a percent of the whole.

††When using large aggregate in low cement factor concrete, air entrainment need not be detrimental to strength. In most cases mixing water requirement is reduced sufficiently to improve the water-cement ratio and to thus compensate for the strength reducing effect of entrained air concrete. Generally, therefore, for these large nominal maximum sizes of aggregate, air contents recommended for extreme exposure should be considered even though there may be little or no exposure to moisture and freezing.

‡‡These values are based on the criteria that 9 percent air is needed in the mortar phase of the concrete. If the mortar volume will be substantially different from that determined in this recommended practice, it may be desirable to calculate the needed air content by taking 9 percent of the actual mortar volume.

incorrect air content in a trial batch of air-entrained concrete on slump, reduce or increase the mixing water content of A1.5.3.9.1 by 3 kg/m³ of concrete for each 1 percent by which the air content is to be increased or decreased from that of the trial batch.

A1.5.3.9.3 The re-estimated unit mass of the fresh concrete for adjustment of trial batch proportions is equal to the unit mass in kg/m³ measured on the trial batch, reduced or increased by the percentage increase or decrease in air content of the adjusted batch from the first trial batch.

TABLE A1.5.3.4(a) — RELATIONSHIPS BETWEEN WATER-CEMENT RATIO AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE (SI)

Compressive strength at 28 days, MPa*	Water-cement ratio, by mass	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
40	0.42	—
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

*Values are estimated average strengths for concrete containing not more than 2 percent air for non-air-entrained concrete and 6 percent total air content for air-entrained concrete. For a constant water-cement ratio, the strength of concrete is reduced as the air content is increased.

Strength is based on 152 x 305 mm cylinders moist-cured for 28 days in accordance with the sections on "Initial Curing" and "Curing of Cylinders for Checking the Adequacy of Laboratory Mixture Proportions for Strength or as the Basis for Acceptance or for Quality Control" of ASTM Method C 31 for Making and Curing Concrete Specimens in the Field. These are cylinders cured moist at 23 ± 1.7 C prior to testing.

The relationship in this Table assumes a nominal maximum aggregate size of about 19 to 25 mm. For a given source of aggregate, strength produced at a given water-cement ratio will increase as nominal maximum size of aggregate decreases; see Sections 3.4 and 5.3.2.

TABLE A1.5.3.4(b) — MAXIMUM PERMISSIBLE WATER-CEMENT RATIOS FOR CONCRETE IN SEVERE EXPOSURES (SI)*

Type of structure	Structure wet continuously or frequently and exposed to freezing and thawing†	Structure exposed to sea water or sulfates
Thin sections (railings, curbs, sills, ledges, ornamental work) and sections with less than 5 mm cover over steel	0.45	0.40†
All other structures	0.50	0.45†

*Based on ACI 201.2R.

†Concrete should also be air-entrained.

‡If sulfate resisting cement (Type II or Type V of ASTM C 150) is used, permissible water-cement ratio may be increased by 0.05.

APPENDIX 1 — METRIC (SI) SYSTEM ADAPTATION

A1.1 Procedures outlined in this standard practice have been presented using inch-pound units of measurement. The principles are equally applicable in SI system with proper adaptation of units. This Appendix provides all of the information necessary to apply the proportioning procedure using SI measurements. Table A1.1 gives relevant conversion factors. A numerical example is presented in Appendix 2.

TABLE A1.1-CONVERSION FACTORS,
in.-lb TO SI UNITS*

Quantity	in.-lb unit	SI† unit	Conversion factor (Ratio: in.-lb/SI)
Length	inch (in.)	millimeter (mm)	25.40
Volume	cubic foot (ft³)	cubic meter (m³)	0.02832
	cubic yard (yd³)	cubic meter (m³)	0.7646
Mass	pound (lb)	kilogram (kg)	0.4536
Stress	pounds per square inch (psi)	megapascal (MPa)	6.895×10^{-1}
Density	pounds per cubic foot (lb/ft³)	kilograms per cubic meter (kg/m³)	16.02
	pounds per cubic yard (lb/yd³)	kilograms per cubic meter (kg/m³)	0.5933
Temperature	degrees Fahrenheit (°F)	degrees Celsius (°C)	‡

*Gives names (and abbreviations) of measurement units in the inch-pound system as used in the body of this report and in the SI (metric) system, along with multipliers for converting the former to the latter. From ASTM E 380.

†Système International d'Unités

‡C = (F - 32)/1.8

A1.2 For convenience of reference, numbering of subsequent paragraphs in this Appendix corresponds to the body of the report except that the designation "A1" is prefixed. All tables have been converted and reproduced. Descriptive portions are included only where use of the SI system requires a change in procedure or formula. To the extent practicable, conversions to metric units have been made in such a way that values are realistic in terms of usual practice and significance of numbers. For example, aggregate and sieve sizes in the metric tables are ones commonly used in Europe. Thus, there is not always a precise mathematical correspondence between inch-pound and SI values in corresponding tables.

A1.5.3 Steps in calculating proportions — Except as discussed below, the methods for arriving at quantities of ingredients for a unit volume of concrete are essentially the same when SI units are employed as when inch-pound units are employed. The main difference is that the unit volume of concrete becomes the cubic meter and numerical values must be taken from the proper "A1" table instead of the one referred to in the text.

A1.5.3.1 Step 1. Choice of slump -- See Table A1.5.3.1.

TABLE A1.5.3.1 — RECOMMENDED SLUMPS
FOR VARIOUS TYPES OF CONSTRUCTION (SI)

Types of construction	Slump, mm	
	Maximum*	Minimum
Reinforced foundation walls and footings	75	25
Plain footings, caissons, and substructure walls	75	25
Beams and reinforced walls	100	25
Building columns	100	25
Pavements and slabs	75	25
Mass concrete	75	25

*May be increased 25 mm for methods of consolidation other than vibration

A1.5.3.2 Step 2. Choice of nominal maximum size of aggregate.

A1.5.3.3 Step 3. Estimation of mixing water and air content -- See Table A1.5.3.3.

A1.5.3.4 Step 4. Selection of water-cement ratio -- See Table A1.5.3.4.

A1.5.3.5 Step 5. Calculation of cement content.

A1.5.3.6 Step 6. Estimation of coarse aggregate content -- The dry mass of coarse aggregate required for a cubic meter of concrete is equal to the value from Table A1.5.3.6 multiplied by the dry-rodded unit mass of the aggregate in kilograms per cubic meter.

A1.5.3.7 Step 7. Estimation of fine aggregate content -- In the SI, the formula for calculation of fresh concrete mass per cubic meter is:

$$U_M = \frac{10G_s(100 - A) + C_M(1 - G_s/G_c)}{W_M(G_s - 1)}$$

where

- U_M = unit mass of fresh concrete, kg/m³
- G_s = weighted average specific gravity of combined fine and coarse aggregate, bulk, SSD
- G_c = specific gravity of cement (generally 3.15)
- A = air content, percent
- W_M = mixing water requirement, kg/m³
- C_M = cement requirement, kg/m³

A1.5.3.9 Step 9. Trial batch adjustments -- The following "rules of thumb" may be used to arrive at closer approximations of unit batch quantities based on results for a trial batch:

A1.5.3.9.1 The estimated mixing water to produce the same slump as the trial batch will be equal to the net amount of mixing water used divided by the yield of the trial batch in m³. If slump of the trial batch was not correct, increase or decrease the re-estimated water content by 2 kg/m³ of concrete for each increase or decrease of 10 mm in slump desired.

A1.5.3.9.2 To adjust for the effect of

TABLE A1.5.3.6 — VOLUME OF COARSE AGGREGATE PER UNIT OF VOLUME OF CONCRETE (SI)

Nominal maximum size of aggregate, mm	Volume of dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness modulus of fine aggregate			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.60	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

*Volumes are based on aggregates in dry-rodded condition as described in ASTM C 29.

These volumes are selected from empirical relationships to produce concrete with a degree of workability suitable for usual reinforced construction. For less workable concrete such as required for concrete pavement construction they may be increased about 10 percent. For more workable concrete, such as may sometimes be required when placement is to be by pumping, they may be reduced up to 10 percent.

†See ASTM Method 136 for calculation of fineness modulus.

TABLE A1.5.3.7.1 — FIRST ESTIMATE OF MASS OF FRESH CONCRETE (SI)

Nominal maximum size of aggregate, mm	First estimate of concrete unit mass, kg/m ³ *	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
9.5	2280	2200
12.5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37.5	2410	2360
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

*Values calculated by Eq. (A1.5.3.7) for concrete of medium richness (330 kg of cement per m³) and medium slump with aggregate specific gravity of 2.7. Water requirements based on values for 75 to 100 mm slump in Table A1.5.3.3. If desired, the estimate of unit mass may be refined as follows if necessary information is available: for each 1 kg difference in mixing water from the Table A1.5.3.3 values for 75 to 100 mm slump, correct the mass per m³ 8 kg in the opposite direction; for each 20 kg difference in cement content from 330 kg, correct the mass per m³ 3 kg in the same direction; for each 0.1 by which aggregate specific gravity deviates from 2.7, correct the concrete mass 60 kg in the same direction. For air-entrained concrete the air content for severe exposure from Table A1.5.3.3 was used. The mass can be increased 1 percent for each percent reduction in air content from that amount.

APPENDIX 2 — EXAMPLE PROBLEM IN METRIC (SI) SYSTEM

A2.1 Example 1 -- Example 1 presented in Section 6.2 will be solved here using metric units of measure. Required average strength will be 24 MPa with slump of 75 to 100 mm. The coarse aggregate has a nominal maximum size of 37.5 mm and dry-rodded mass of 1600 kg/m³. As stated in Section 6.1, other properties of the ingredients are: cement -- Type I with specific gravity of 3.15; coarse aggregate -- bulk specific gravity 2.68 and absorption 0.5 percent; fine aggregate -- bulk specific gravity 2.64, absorption 0.7 percent, and fineness modulus 2.8.

A2.2 All steps of Section 5.3 should be followed in sequence to avoid confusion, even though they sometimes merely restate information already given.

A2.2.1 Step 1 -- The slump is required to be 75 to 100 mm.

A2.2.2 Step 2 -- The aggregate to be used has a nominal maximum size of 37.5 mm.

A2.2.3 Step 3 -- The concrete will be non-air-entrained since the structure is not exposed to severe weathering. From Table A1.5.3.3, the estimated mixing water for a slump of 75 to 100 mm in non-air-entrained concrete made with 37.5 mm aggregate is found to be 181 kg/m³.

A2.2.4 Step 4 -- The water-cement ratio for non-air-entrained concrete with a strength of 24 MPa is found from Table A1.5.3.4(a) to be 0.62.

A2.2.5 Step 5 -- From the information developed in Steps 3 and 4, the required cement content is found to be 181/0.62 = 292 kg/m³.

A2.2.6 Step 6 -- The quantity of coarse aggregate is estimated from Table A 1.5.3.6. For a fine aggregate having a fineness modulus of 2.8 and a 37.5 mm nominal maximum size of coarse aggregate, the table indicates that 0.71 m³ of coarse aggregate, on a dry-rodded basis, may be used in each cubic meter of concrete. The required dry mass is, therefore, 0.71 x 1600 = 1136 kg.

A2.2.7 Step 7 -- With the quantities of water, cement and coarse aggregate established, the remaining material comprising the cubic meter of concrete must consist of fine aggregate and whatever air will be entrapped. The required fine aggregate may be determined on the basis of either mass or absolute volume as shown below:

A2.2.7.1 Mass basis -- From Table A1.5.3.7.1, the mass of a cubic meter of non-air-entrained concrete made with aggregate having a nominal maximum size of 37.5 mm is estimated to be 2410 kg. (For a first trial batch, exact adjustments of this value for usual differences in slump, cement factor, and aggregate specific gravity are not critical.) Masses already known are:

Water (net mixing)	181 kg
Cement	292 kg
Coarse aggregate	<u>1136 kg</u>
Total	1609 kg

The mass of fine aggregate, therefore, is estimated to be

$$2410 - 1609 = 801 \text{ kg}$$

A2.2.7.2 Absolute volume basis -- With the quantities of cement, water, and coarse aggregate established, and the approximate entrapped air content (as proposed to purposely entrained air) of 1 percent determined from Table A1.5.3.3, the sand content can be calculated as follows:

Volume of = water	$\frac{181}{1000}$	0.181 m ³
Solid volume = of cement	$\frac{292}{3.15 \times 1000}$	0.093 m ³



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :

Pemintaan :

BERAT ISI AGREGAT KASAR BATU PECAH

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	21760	21660	21750
B.	Berat tempat (gr)	7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)	13850	13750	13840
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.39	1.38	1.38
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.38		

PADAT		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	22710	22800	22770
B.	Berat tempat (gr)	7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)	14800	14890	14860
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.48	1.49	1.49
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.49		



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :
0

Permintaan :
0

BERAT ISI HALUS (PASIR)

LEPAS / GEMBUR			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji	(gr)	8260	8310	8270
B.	Berat tempat	(gr)	3570	3570	3570
C.	Berat benda uji	(gr)	4690	4740	4700
D.	Isi tempat	(cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji	(gr/cm ³)	1.56	1.58	1.57
F.	Berat isi benda uji rata-rata	(gr/cm ³)	1.57		

PADAT			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji	(gr)	8790	8820	8840
B.	Berat tempat	(gr)	3570	3570	3570
C.	Berat benda uji	(gr)	5220	5250	5270
D.	Isi tempat	(cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji	(gr/cm ³)	1.74	1.75	1.76
F.	Berat isi benda uji rata-rata	(gr/cm ³)	1.75		



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :
0
0

Pemintaan :

BERAT ISI SEMEN

LEPAS / GEMBUR			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)		6960	6970	6970
B.	Berat tempat (gr)		3570	3570	3570
C.	Berat benda uji (gr)		3390	3400	3400
D.	Isi tempat (cm ³)		3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)		1.13	1.13	1.13
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)		1.13		

PADAT			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)		7390	7340	7360
B.	Berat tempat (gr)		3570	3570	3570
C.	Berat benda uji (gr)		3820	3770	3790
D.	Isi tempat (cm ³)		3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)		1.27	1.26	1.26
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)		1.26		



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :

0

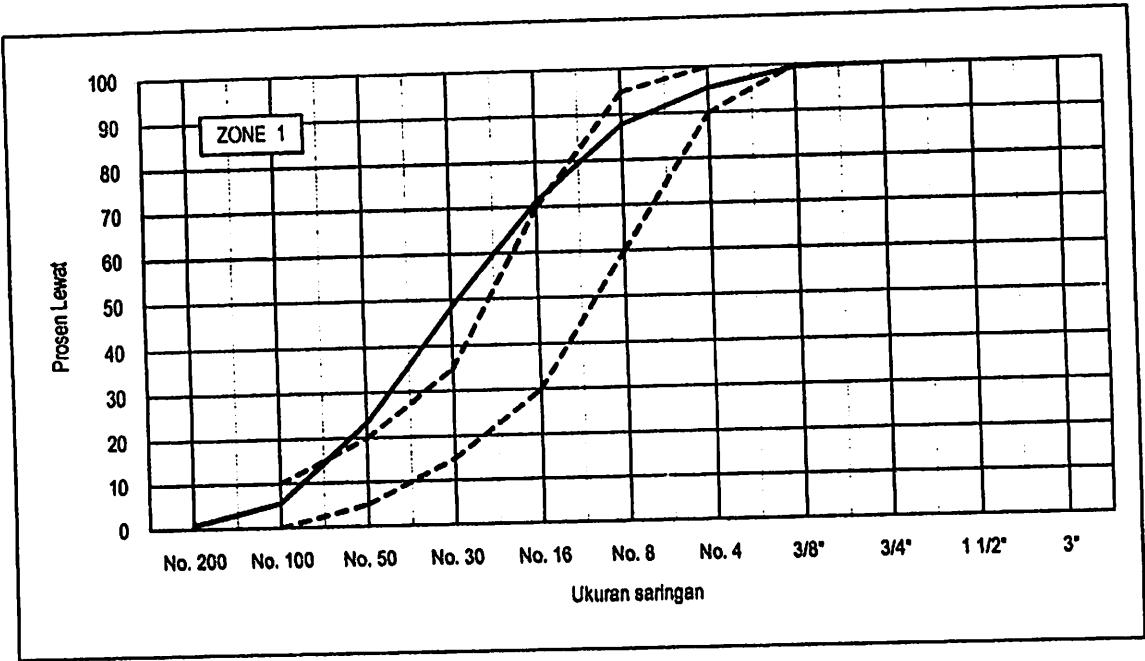
0

Permintaan : PT. BINATEL PRIMA

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Berat contoh kering : 2000 gr

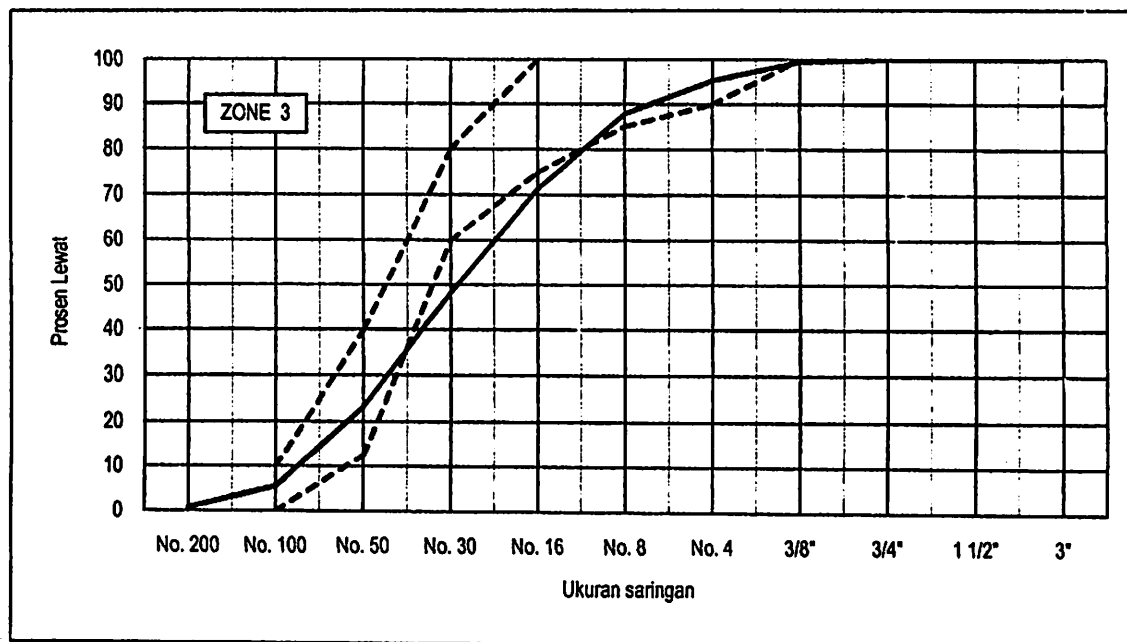
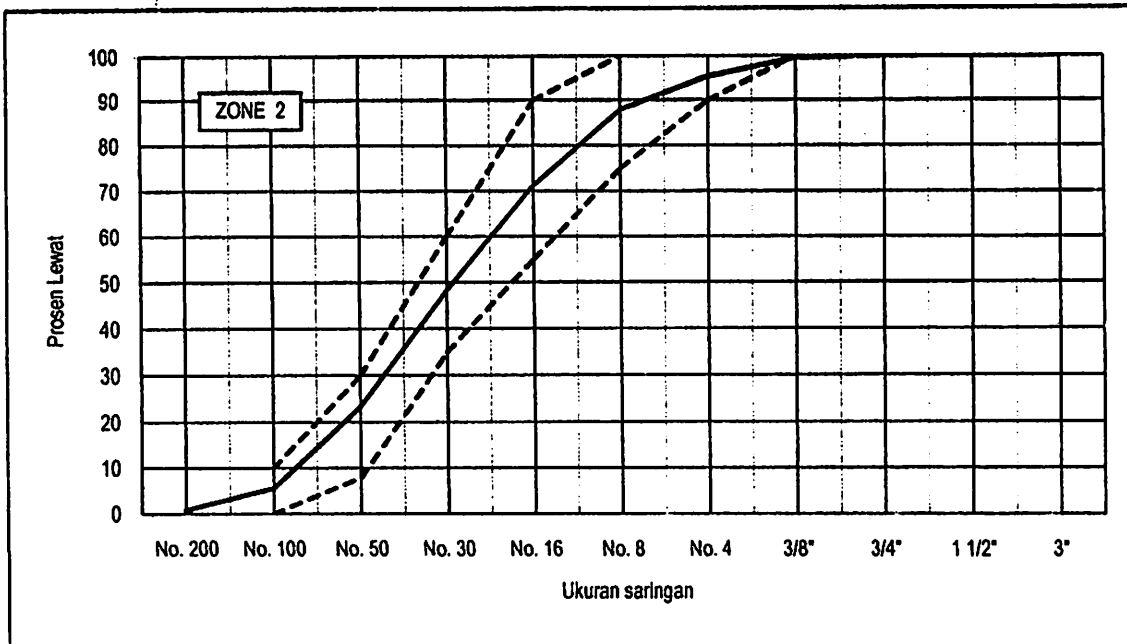
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0.00	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1 1/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	0.00	0.00	0.00	100.00
9.6 mm (3/8")	9.10	0.46	0.46	99.55
4.75 mm (No. 4)	83.50	4.18	4.63	95.37
2.36 mm (No. 8)	150.20	7.51	12.14	87.86
1.18 mm (No. 16)	330.70	16.54	28.68	71.33
0.6 mm (No. 30)	459.30	22.97	51.64	48.36
0.3 mm (No. 50)	498.70	24.94	76.58	23.43
0.15 mm (No. 100)	356.90	17.85	94.42	5.58
0.075 mm (No. 200)	96.00	4.80	99.22	0.78
pan	12.20	0.61	99.83	0.17





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

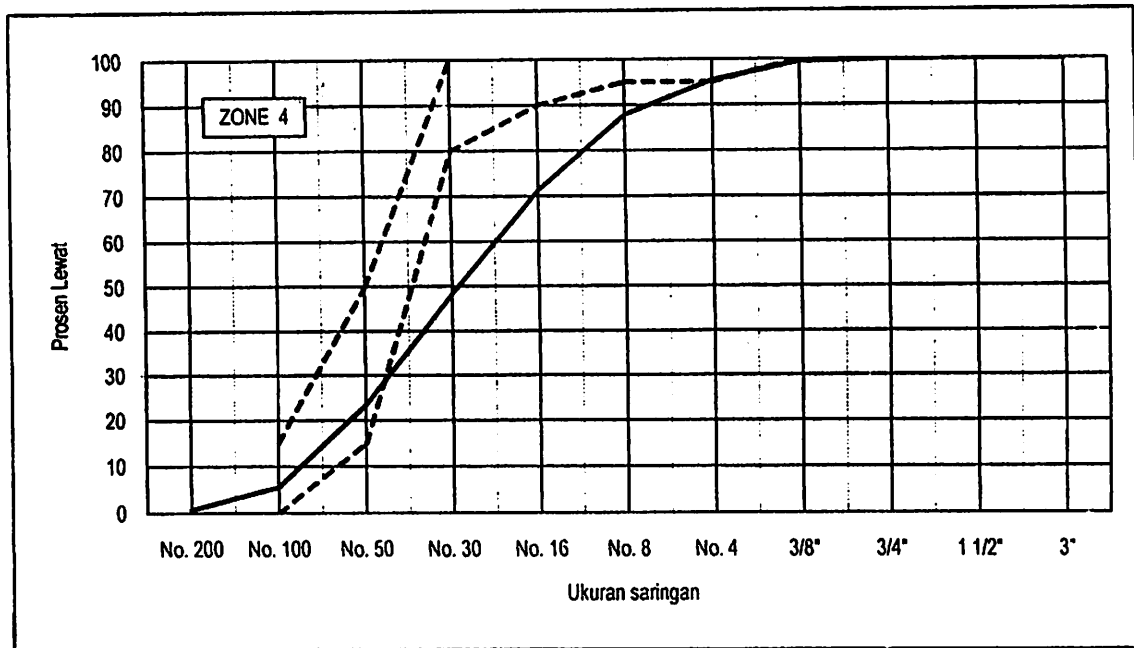
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

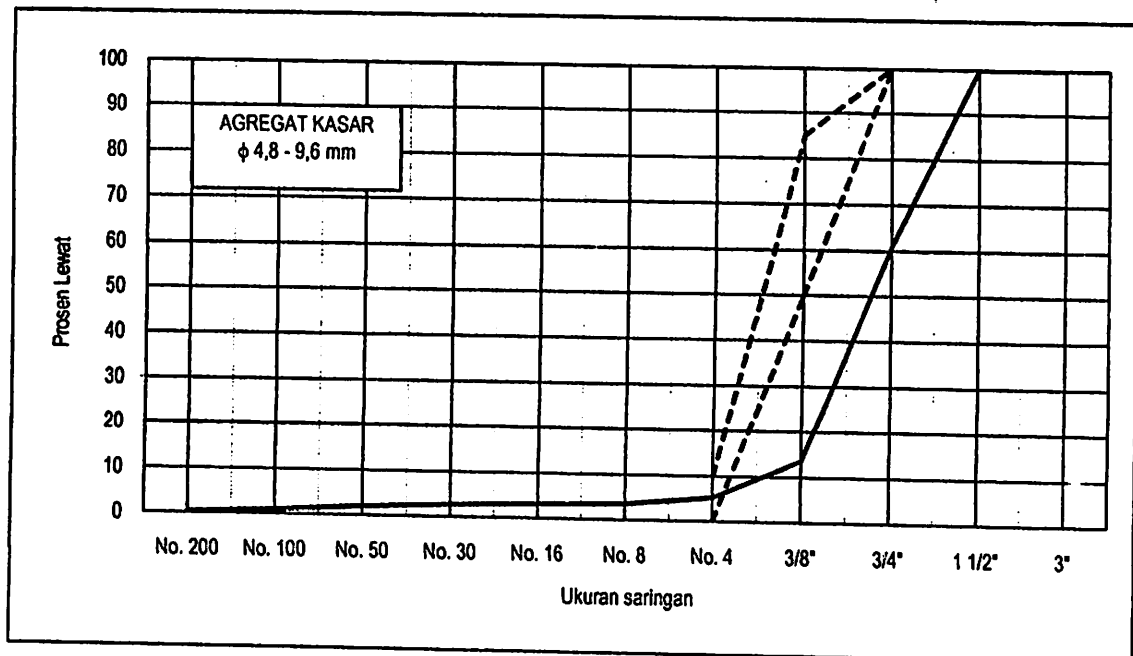
Pekerjaan :

Permintaan :

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Berat contoh kering : 20154.3 gr

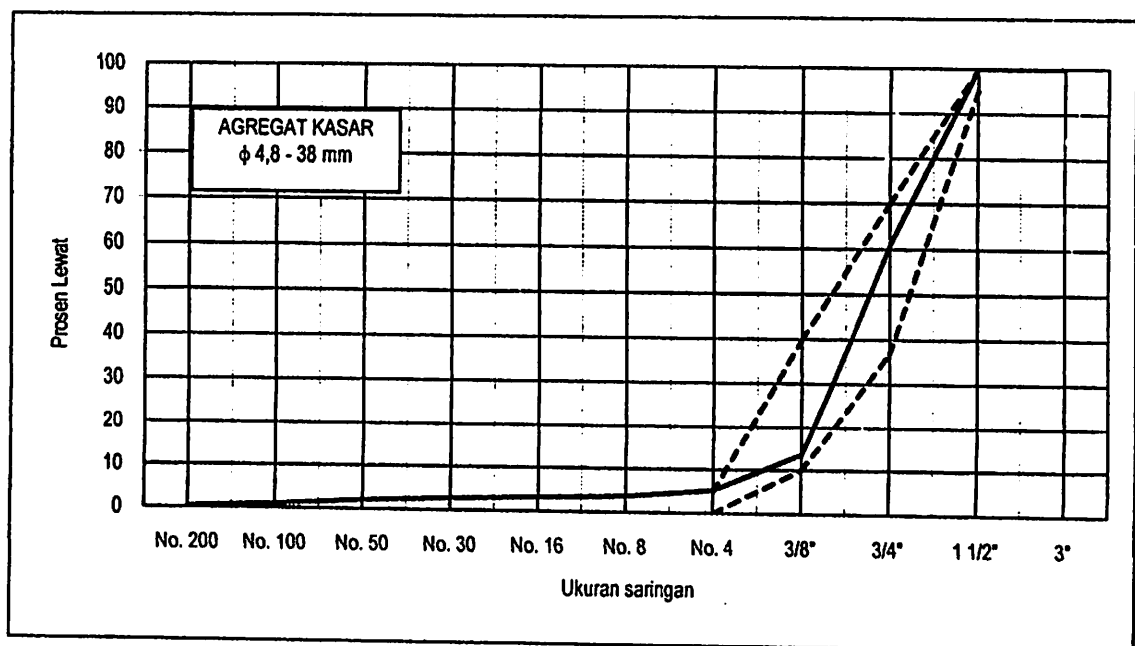
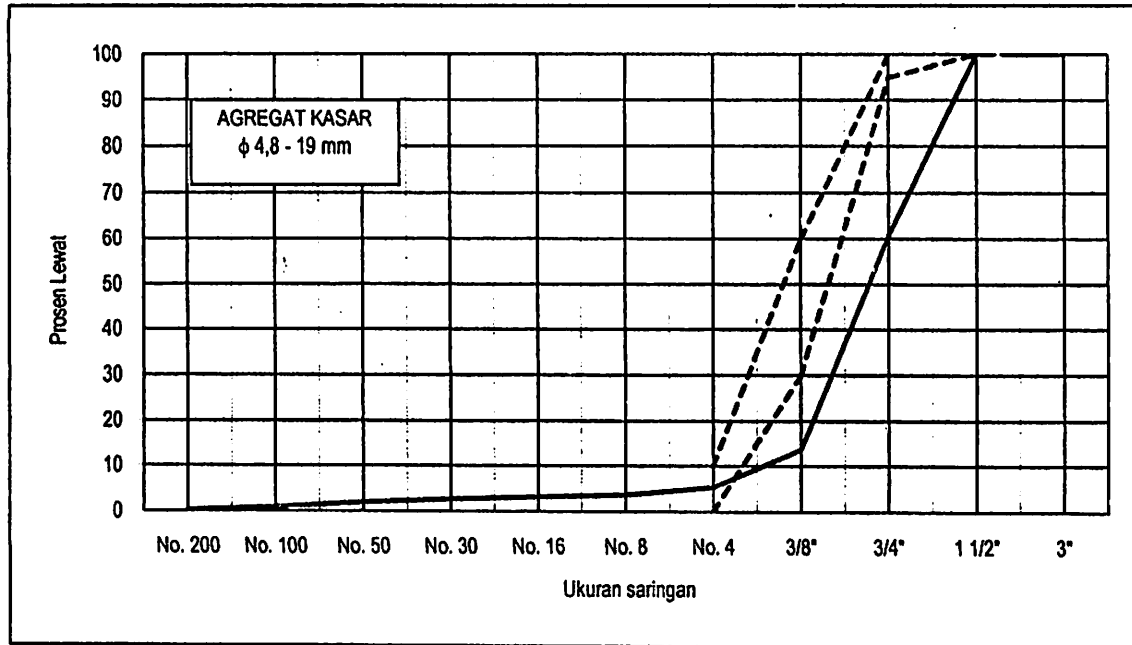
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0.00	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1 1/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	7899.00	39.19	39.19	60.81
9.6 mm (3/8")	9520.00	47.24	86.43	13.57
4.75 mm (No. 4)	1668.90	8.28	94.71	5.29
2.36 mm (No. 8)	337.40	1.67	96.38	3.62
1.18 mm (No. 16)	93.60	0.46	96.85	3.15
0.6 mm (No. 30)	100.70	0.50	97.35	2.65
0.3 mm (No. 50)	140.70	0.70	98.05	1.95
0.15 mm (No. 100)	215.30	1.07	99.11	0.89
0.075 mm (No. 200)	127.90	0.63	99.75	0.25
pan	50.80	0.25	100.00	0.00





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :
0
0
Permintaan :

KADAR LUMPUR dan KADAR ZAT ORGANIK AGREGAT HALUS

Dari hasil pengujian kadar lumpur yang telah kami laksanakan, didapatkan hasil sebagai berikut :

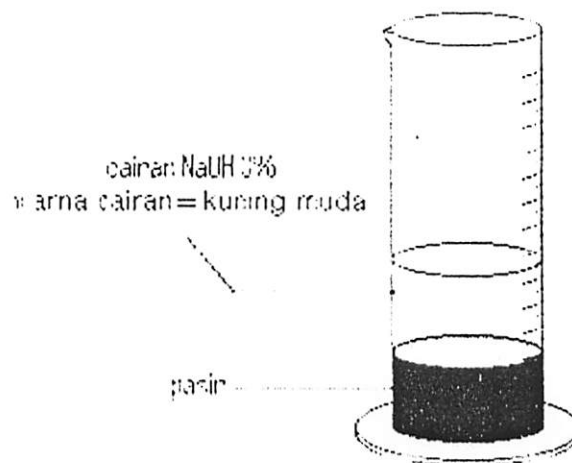
V1 (tinggi pasir) = 420 ml

V2 (tinggi lumpur) = 7.5 ml

$$\begin{aligned}\text{Kadar lumpur} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \% \\ &= 2.667\%\end{aligned}$$

Dengan hasil tersebut di atas, maka pasir yang diperiksa layak digunakan untuk campuran beton, dikarenakan kadar lumpurnya $< 5\%$ (merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton).

Untuk pengujian zat organik agregat halus didapatkan warna kuning sangat muda, yang berarti bahwa bahan yang diperiksa mempunyai sedikit kandungan zat organik, dan dapat menurunkan kekuatan beton $< 5\%$.



Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pasir yang diperiksa memenuhi syarat untuk dipergunakan sebagai agregat halus untuk campuran beton.



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :

0
0

Permintaan :

KADAR AIR AGREGAT

AGREGAT KASAR		ASLI		SSD	
	Nomor test				
A.	Berat tempat (gr)	2510	2518	164.8	166.8
B.	Berat tempat + contoh (gr)	23210	23216	544.5	544.3
C.	Berat tempat + contoh kering ov (gr)	22750	22725	536	536
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\%$ (%)	2.27	2.43	2.29	2.25
F.	Kadar air rata-rata (%)	2.35		2.27	

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test				
A.	Berat tempat (gr)	2550	2551	216.3	216.1
B.	Berat tempat + contoh (gr)	10980	10978	716.3	716.2
C.	Berat tempat + contoh kering ov (gr)	9910	9911	714.80	666.60
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\%$ (%)	14.54	14.50	0.30	11.01
F.	Kadar air rata-rata (%)	14.52		5.66	

LABORATORIUM UJI MATERIAL
JURUSAN TEKNIK MESIN - S1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
KAMPUS II JL. RAYA KARANGLU KM. 2 PASIR MUJU - MALANG
 TELP: (0341) 417634, 417636, 417637 FAX: 0341 - 417634
 2011

No: 0185

Test Description : tensile

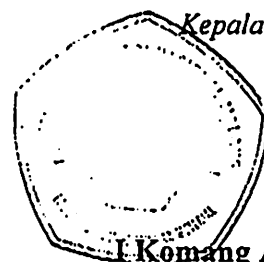
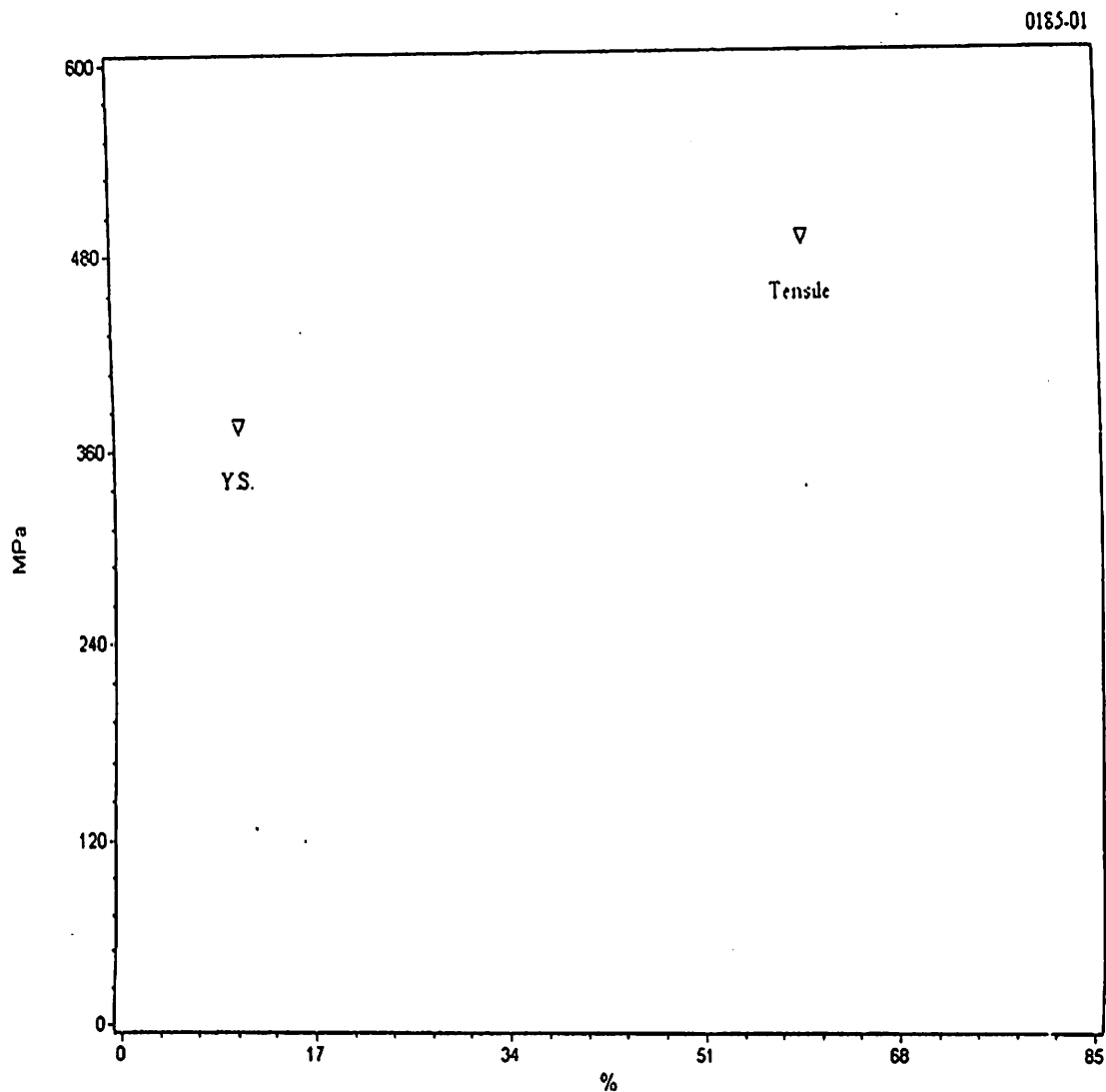
Standard ASTM 638

Test Date: 08/09/2011

SPECIMEN

BJTP 6 mm

Area ² (mm)	Max. Force (Newton)	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
18.10	8859.20	375.31	489.58	68.80



Kepala Laboratorium :

I Komang Astana Widi, ST.MT

NIP Y. 1030400405

LABORATORIUM UJI MATERIAL

JURUSAN TEKNIK MESIN - S1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

KAMPUS II JL. RAYA KAKANGLU KM. 2 TASIK MADU - MALANG
TELP: (0341) 417634, 417636, 417637 FAX: 0341 - 417634

2011

No.: 0186

Test Description : tensile

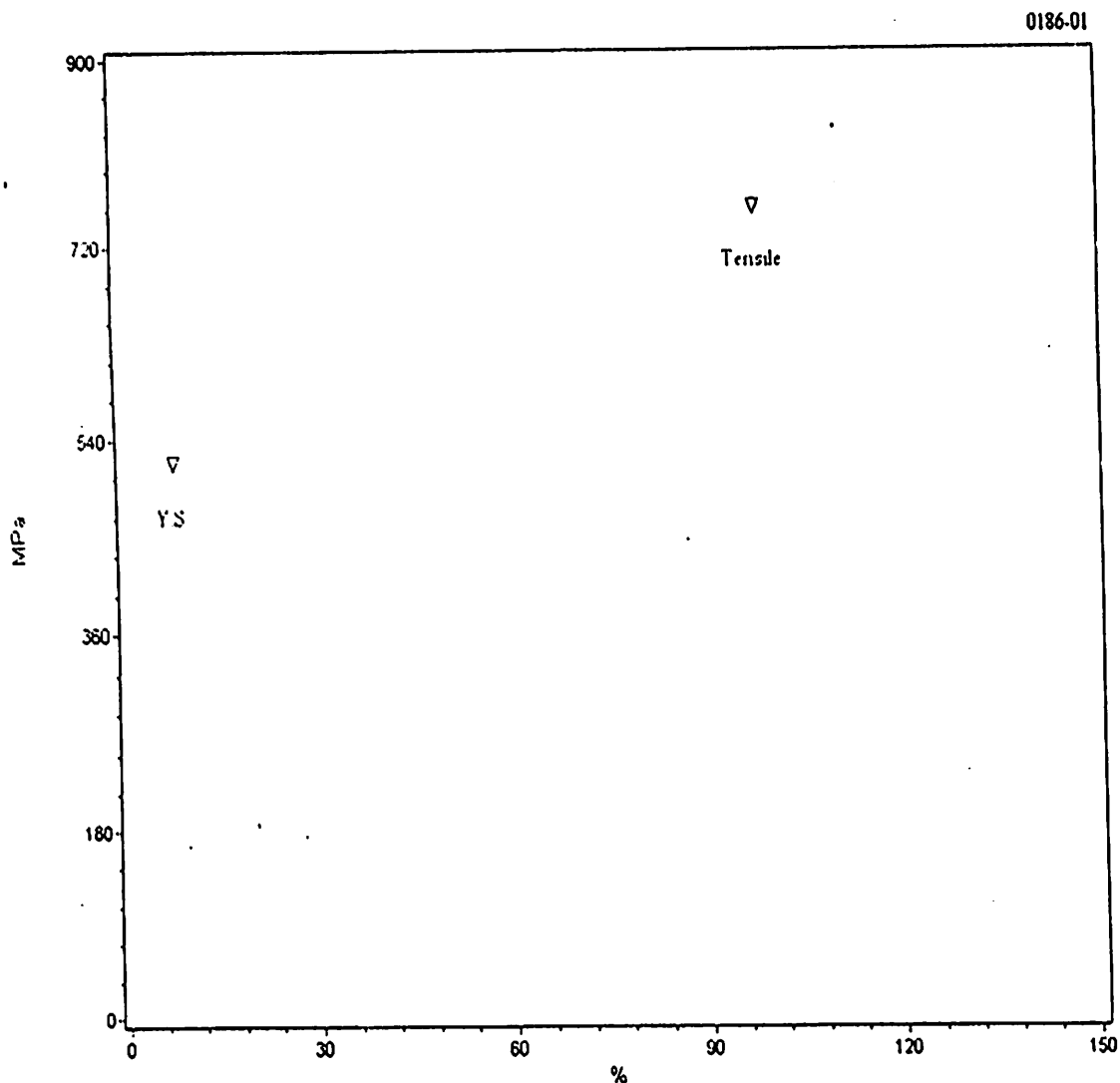
Standard : ASTM 638

Test Date: 08/09/2011

SPECIMEN

BJTP 8 mm

Area (mm) ²	Max. Force (Newton)	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
26.42	19996.90	518.92	756.86	123.02



Kepala Laboratorium :

I Komang Astana Widi, ST.MT.
NIP Y. 1030400405

LABORATORIUM UJI MATERIAL
JURUSAN TEKNIK MESIN - S1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
KAMPUS II JL. KAYA KAMANGLO KM. 2 PASIK MADU - MALANG
TELP: (0341) 417834, 417636, 417637 FAX: 0341 - 417834
2011

TEST REPORT

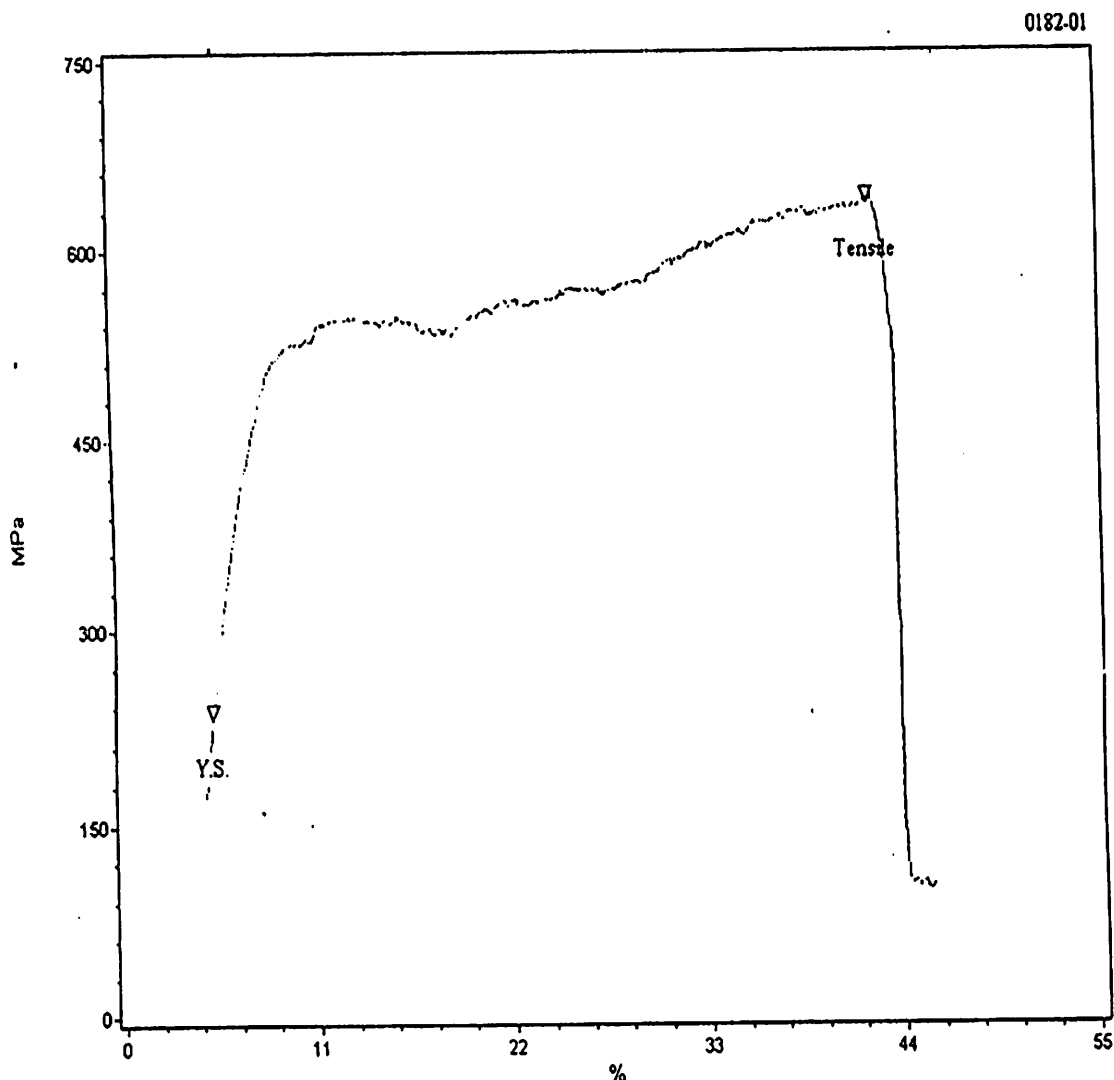
No.: 0182

Test Description : tensile

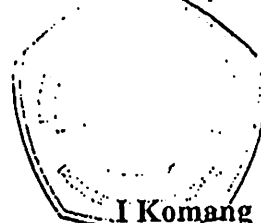
Standard : ASTM 638

Test Date: 08/09/2011

SPECIMEN	Area (mm) ²	Max. Force (Newton)	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
Fine Mesh 2-25	2.54	1631.70	236.85	641.22	45.69



Kepala Laboratorium :



I Komang Astana Widi, ST.MT

NIP Y. 1030400405

LABORATORIUM UJI MATERIAL
JURUSAN TEKNIK MESIN - S1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
KAMPUS II JL. KATA KAKANGLO KM. 2 PASIK MAJU - MALANG
TELP: (0341) 417634, 417636, 417637 FAX: 0341 - 417634
2011

TEST REPORT

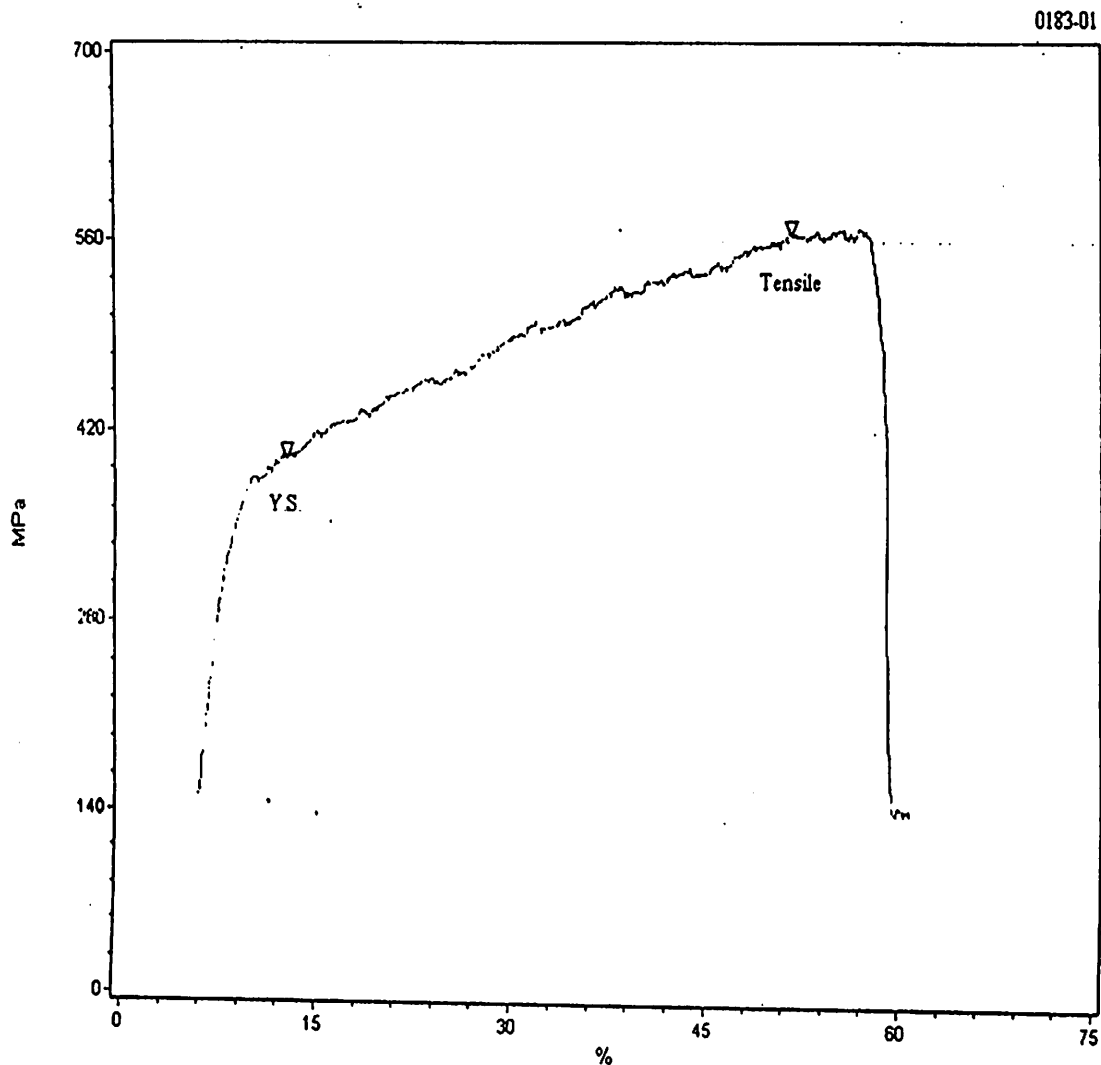
No.: 0183

Test Description : tensile

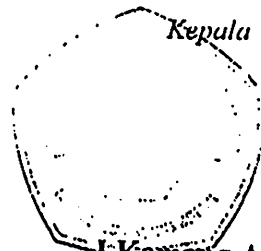
Standard : ASTM 638

Test Date: 08/09/2011

SPECIMEN	Area (mm) ²	Max. Force (Newton)	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
Fine Mesh 2-50	2.84	1617.00	404.40	570.31	60.80



Kepala Laboratorium :



I Komang Astana Widi, ST.MT
NIP Y. 1030400405

LABORATORIUM UJI MATERIAL
JURUSAN TEKNIK MESIN - S1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
KAMPUS II JL. KATA KAKANGLU KM. 2 TASIK MAJU - MALANG
TELP: (0341) 417634, 417636, 417637 FAX: 0341 - 417634
2011

TEST REPORT

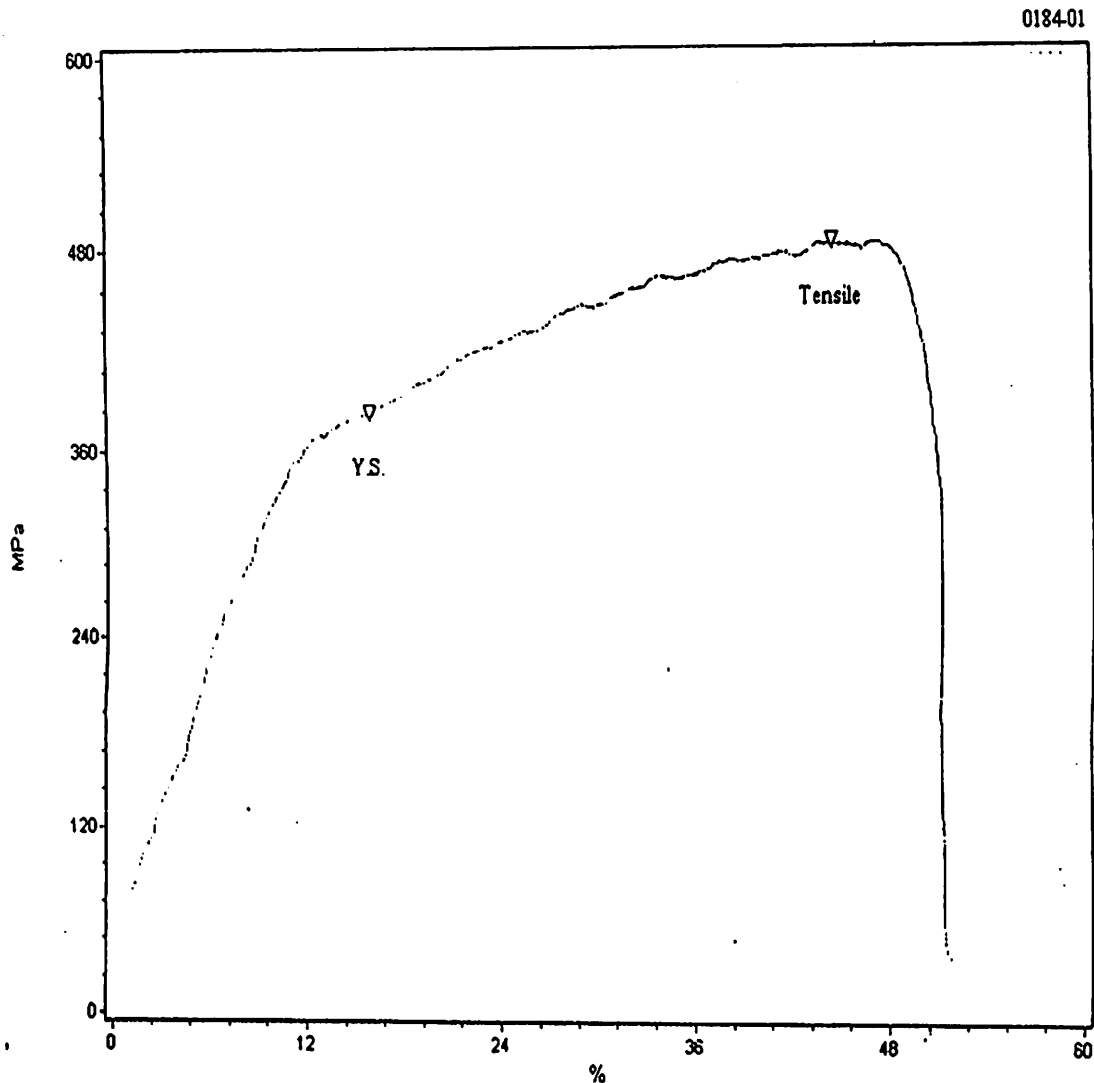
No: 0184

Test Description : tensile

Standard : ASTM 638

Test Date: 08/09/2011

SPECIMEN	Area (mm) ²	Max. Force (Newton)	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
Fine Mesh 3-50	6.16	2993.90	382.77	486.22	51.82



Kepala Laboratorium :

I Komang Astana Widi, ST.MT

NIP Y. 1030400405

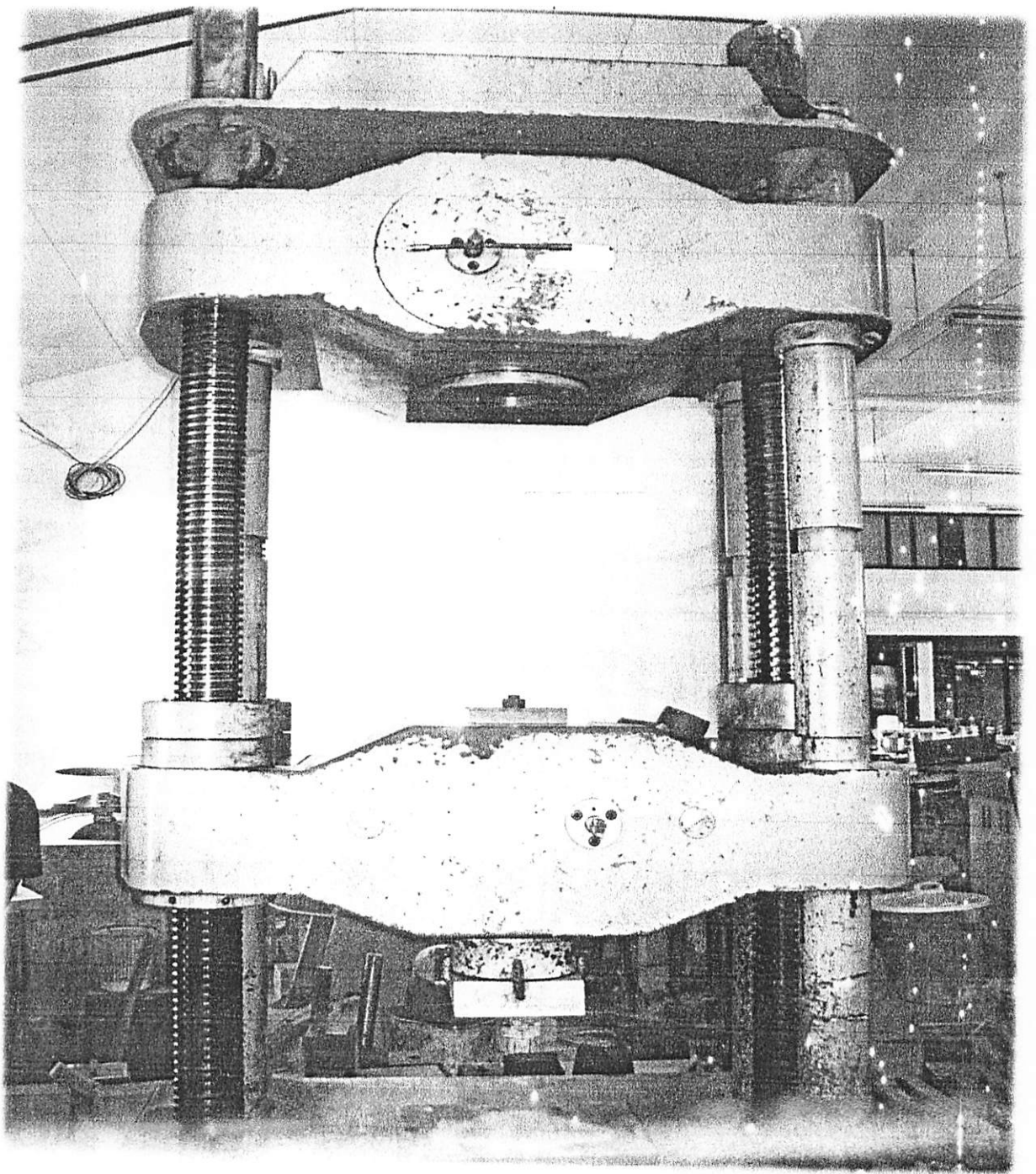
DOKUMENTASI



Pemeriksaan Berat Jenis



Uji Tekan Beton (Lab Beton ITS)



Universal Testing Machine (UTM)



Ø 2-25 Persegi



Ø 2-50 Persegi



Ø 3-50 Persegi



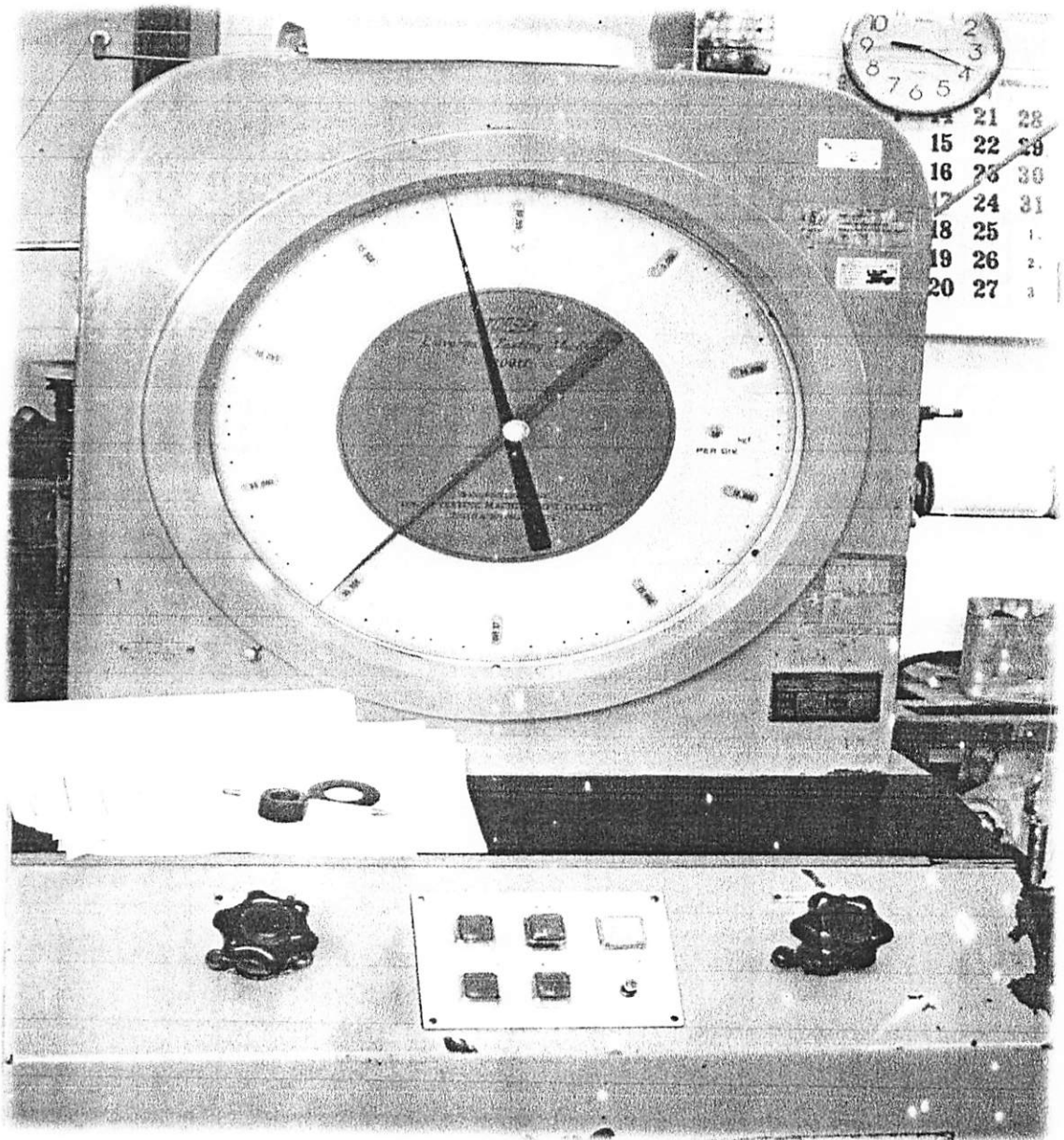
Ø 2-25 Bulat



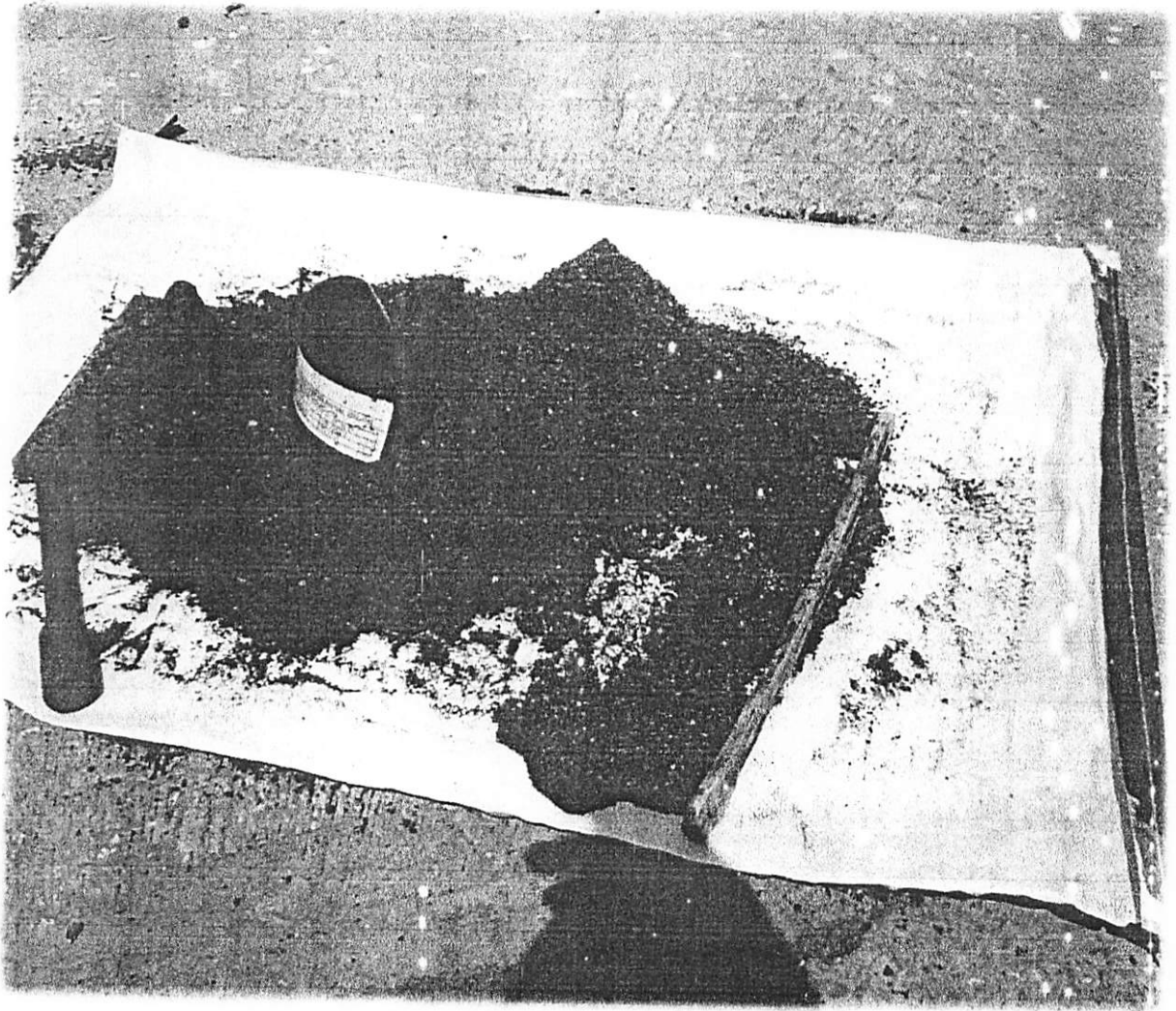
Ø 2-50 Bulat



Ø 3-50 Bulat



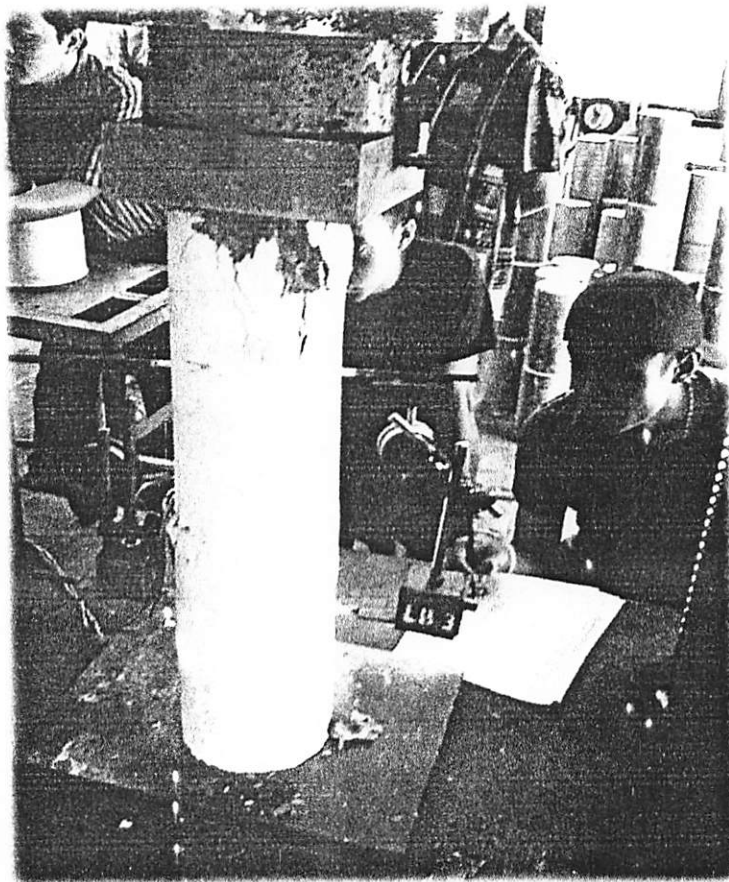
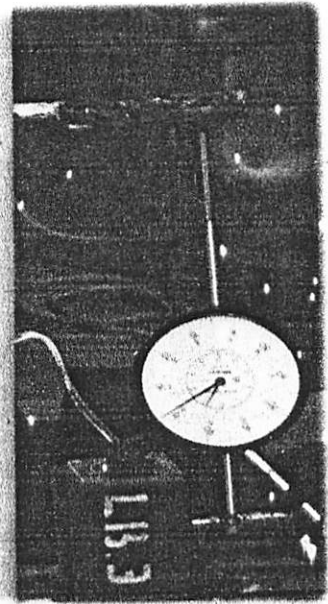
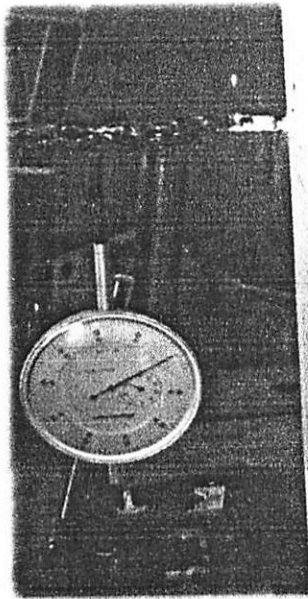
Universal Testing Machine (UTM)



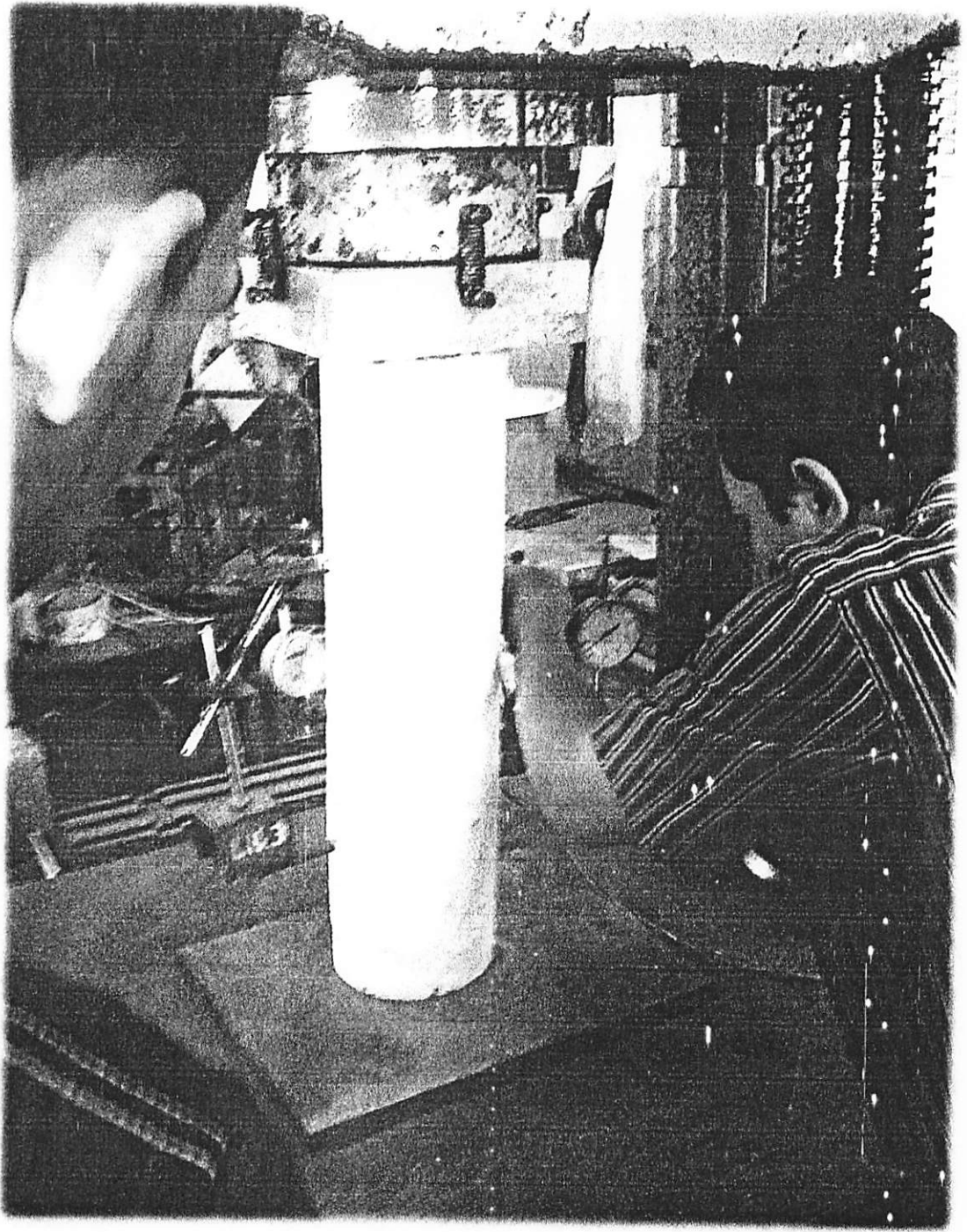
Pengujian Kadar Air



Pengujian Kadar Lumpur



Pencatatan perpindahan pada DAIL



Pemasangan DAIL



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang

LEMBAR ASISTENSI

"efektifitas fine mesh sebagai confinement dan retrofitting kolom persegi $\varnothing$ 3-50, beton bertulang terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan regangan (ϵ'_{cc})"

Nama : Aditya Anugrah Agung
Nim : 06.21.033
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Pembimbing : Yosimson P. Manana, ST., MT

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	30/6-2011	- Bab I di'parawka: lagi y. tujua & permasalahan - Bab II di'edit cap seuai judul.	
	05/07-2011	- Bab III di' lengkap dg gambar 2 - Hitungan teoritik di cek lagi - lampirkan	
	08/7-2011	- Gambar 2 Pd Bab III sesuai yg dibahas saja - Hitungan formal lapor Fine mesh di cek lagi - Mix design beton	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang

LEMBAR ASISTENSI

"efektifitas fine mesh sebagai confinement dan retrofitting kolom persegi Ø 3-50, beton bertulang terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan regangan (ϵ'_{cc})"

Nama : Aditya Anugrah Agung
Nim : 06.21.033
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Pembimbing : Yosimson P. Manaha, ST., MT

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	13/07-2011.	- Mix dengan beton Pakai aturan ACI atau SNI, jangan PBI - Beasting? di cek skema pengecoran beton	
	18/07-2011	- perawatan kolom dibuat / direndam di bak / dibungkus kainung putih basah	
	10/9-2011	Hasil tes beton dan tulangan di Analisa sesuai rumus? SNI / ACI yg berlaku sekarang.	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang

LEMBAR ASISTENSI

"efektifitas fine mesh sebagai confinement dan retrofitting kolom persegi Ø 3-50, beton bertulang terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan regangan (ϵ'_{cc})"

Nama : Aditya Anugrah Agung
Nim : 06.21.033
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Pembimbing : Yosimson P. Manaha, ST., MT

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	29/09-2011	- Kurva? pd. File Excel di cek lagi - Cek tumb. Regangan & Regangan beton - petunjuk teoritis diperbaiki sesuai hasil eksperimental & data? laboratorium	
	04/11-2011	- cek lagi? kurva? dengan data hasil lab bending dan eksperimental vs teoritis	
	16/11-2011	- cek lagi Validasi eksperimental vs teoritis y. kurva? - Buat kesimpulan	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang

LEMBAR ASISTENSI

"efektifitas fine mesh sebagai confinement dan retrofitting kolom persegi Ø 3-50, beton bertulang terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan regangan (ϵ'_{cc})"

Nama : Aditya Anugrah Agung
Nim : 06.21.033
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Pembimbing : Yosimson P. Manaha, ST., MT

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	02/12-2011	- Revisi label validasi - kesimpulan perbaikan harus ada hubungannya dg tujuan penast	
	12/12-2011	- Lampiran 2 dilepas - Buat power point - Seminar hasil	
	19/12-2011	- Revisi & perbaikan power point sesuai petunjuk - Dapat Maji Seminar hasil	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

PENELITIAN "efektifitas fine mesh sebagai confinement dan retrofitting kolom persegi Ø 3-50, beton bertulang terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan regangan (ϵ'_{cc})"

Nama : Aditya Anugrah Agung
Nim : 06.21.033
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Pembimbing : Ir. Nusa Sebayang, M.T

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1.	30-06-'11	- Persiapan tentang efektifitas dilihat dari apa ? - Pelajari buku teks untuk penentuan referensi.	
2	13-06-'11	- mix Desain ?	
3	15-07-01	- Pelajari hasil mix desain	
4	16-07-2011	- lanjut pengecoran	
5	19-09-2011	- Spesi pemeliharaan - Istirahat di lapangan ? - Rutin di lapangan	
6	24-10-2011	- Cek perkembangan f'c - Pengujian hipotesis menggunakan metode statistik.	
7	9-11-2011	- Di cek grafik per 4.7 grafik 4.10 - Hal 53 → kesimpulan ~1	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

Jl. Bendungan Sigurn-gurn No.2 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

PENELITIAN "efektifitas fine mesh sebagai confinement dan retrofitting kolom persegi Ø 3-50, beton bertulang terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan regangan (ϵ'_{cc})"

Nama : Aditya Anugrah Agung
Nim : 06.21.033
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Pembimbing : Ir. Nusa Sebayang, MT

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
8	19-11-2011	- Permasalahan hasil kunci dgn kesimpulan - Uraian hasil analisis perbedaan perlakuan yang diteliti	
9	23-11-2011	- Perbaikan kesimpulan	
10	28-11-2011	- ACC seminar hasil	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Pendidikan Surodipura 2
Jl. Raya Karangrejo Km 2
Malang

SEMINAR HASIL SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG

Nama : ADITYA A. A

NIM : 0621033

Hari / tanggal : sabtu, 7-1-2012

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

- > Rumusan Masalah Sempurnakan
- > Gambar pemasangan tul. Pengidang yg jelas
- > Penjelasan uraian pd grafik gabungan
- > Kesimpulan Betulkan
- > Dokumentasi


16-1-2012

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

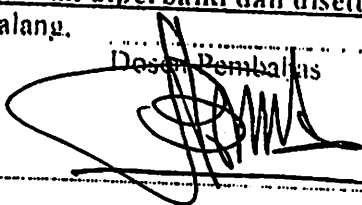
Pengumpulan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang,

20

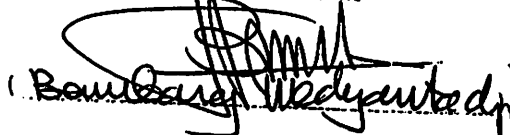
Dosen Pembahas



Malang,

7-1-2012

Dosen Pembahas


(Bambang Widyaning)



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

SEMINAR HASIL SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG Penelitian Beton

Nama : ADITYA ANUGRAH AGUNG

NIM : 06.21.033

Hari / tanggal : Sabtu, 07 Januari 2012

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

- ~ Menyisipkan daftar notasi & kepanjangannya
- ~ Bab I → ⊕ Batasan Masalah
- ~ Kesimpulan → cek dg rumusan masalah fce.

- Daftar pustaka
- Daftar Tabel
- — Gambar
- — Notasi

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

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

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 17 - 01 - 2012
Dosen Pembahas

Malang, 07 - 01 - 2012
Dosen Pembahas



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Beadunyan Sigora-gura 2
Jl. Raya Karanglo Km. 2
Malang

UJIAN SKRIPSI

PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG _____

Nama : ADITYA AA
NIM : 0621033
Hari / tanggal : _____ / _____

Perbaikan materi Skripsi meliputi

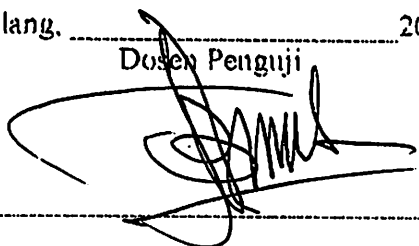
- > Abstraksi mana $\frac{2}{1}$
- > Rumusan masalah, tujuan & batasan masalah
hrs Sunkraft ✓
- > Cara menghitung perbedaan regangan ✓
- > gbr hasil, buhan kolom gabungan ✓
- > hal ~~25~~, hit. E'_{cu} → di tabel yg mang ✓
- > Kesimpulan Sempurnakanya ✓

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

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

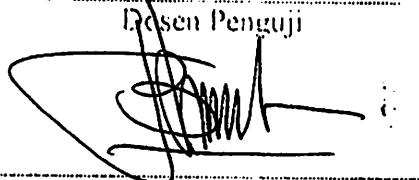
Malang, _____ 2010

Dosen Penguji

()

Malang, _____ 201

Dosen Penguji

()