

SKRIPSI

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



Disusun Oleh :
LOURA DIAN TINO
(06.21.036)

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL dan PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2011

SECRET

THE UNITED STATES DEPARTMENT OF THE ARMY
OFFICE OF THE ADJUTANT GENERAL
WASHINGTON, D. C. 20315

FORM 100 (REV. 1-25-60)

ADJUTANT GENERAL (AG)

(0300.10.00)

1. NAME (LAST, FIRST, MIDDLE INITIAL)

2. GRADE OR RATE (OFFICER, SERGEANT, PRIVATE, ETC.)

3. BRANCH (ARMY, AIR FORCE, NAVY, MARINE CORPS)

4. SIGNATURE

1000

LEMBAR PERSETUJUAN

**EFEKTIFITA *FINE MESH* SEBAGAI CONFINEMENT DAN
RETROFITTING KOLOM PERSEGI BETON BERTULANG TERHADAP
KEKUATAN (f'_{cc}) DAN REGANGAN (ϵ'_{cc})**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :
LOURA DIAN TINO
06.21.036



Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Handwritten signature of Yosimson P. Manaha in black ink.

Yosimson P. Manaha, ST., MT.

Dosen Pembimbing II

Handwritten signature of Drs. Kamidjo Rahardjo in black ink.

Drs. Kamidjo Rahardjo, ST., MT.

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

A purple circular stamp of Institut Teknologi Nasional Malang Faculty of Engineering and a handwritten signature in black ink over the stamp.

Ir. H. Hirijanto, MT.

LEMBAR PENGESAHAN

EFEKTIFITA *FINE MESH* SEBAGAI CONFINEMENT DAN RETROFITTING KOLOM PERSEGI BETON BERTULANG TERHADAP KEKUATAN ($f'cc$) DAN REGANGAN ($\epsilon'cc$)

SKRIPSI

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi

Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Kamis

Tanggal : 25 Agustus 2011

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar
Serjana Teknik*

Disusun Oleh :

LOURA DIAN TINO

06.21.036

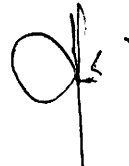
Disahkan Oleh :

Ketua



Ir. H. Hirijanto, MT.

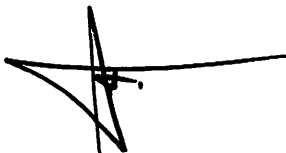
Sekretaris



Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT.

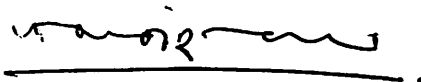
Anggota Penguji :

Penguji I



Ir. A. Agus Santosa, MT.

Penguji II



Ir. H. Sudirman Indra, MSc.

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

2011



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang Telp. (0341) 551431

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Loura Dian Tino
Nim : 06.21.036
Prodi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil Dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

**EFEKTIFITA *FINE MESH* SEBAGAI CONFINEMENT DAN
RETROFITTING KOLOM PERSEGI BETON BERTULANG TERHADAP
KEKUATAN (f'_{cc}) DAN REGANGAN (ϵ'_{cc})**

Adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Malang, 25 Agustus 2011

Yang membuat pernyataan




Loura Dian Tino

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

Nama mahasiswa : Loura Dian Tino
NIM : 06.21.036
Pembimbing 1 : Yosimson P. Manaha, ST., MT
Pembimbing 2 : Drs. Kamidjo Rahardjo, ST., MT

ABSTRAK

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} . Permasalahan yang perlu diteliti adalah kedua parameter itu dibutuhkan untuk mempertahankan kinerja kolom terhadap beban siklik gempa yang lebih besar dari beban gempa nominal.

Untuk memverifikasi peningkatan efektifitas seperti yang diprediksi melalui pendekatan analisis, maka dilakukan uji eksperimental. Pengujian eksperimental tersebut memakai benda uji kolom persegi 130 x 130 mm dengan tiga tipe kolom yaitu kolom beton terkekang *fine mesh* (RCFM), kolom beton terkekang *tulangan sengkang BJTP* (RCH) dan 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 $\rho_s = 4,63\%$, kuat tekan (f'_{cc}) berbeda 0,97 %, regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) berbeda 7,56 % dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda 4,29 %. 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, kolom beton bertulang, kuat tekan beton, pengekangan, regangan beton*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah S.W.T. yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi yang berjudul *Studi Perencanaan Pondasi Sumuran Pada Gedung Sekertaris Daerah Perkantoran Bupati Kabupaten Malang*, ini adalah untuk melengkapi tugas dan sebagai salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil S-1. Dan juga saya ucapkan banyak terimakasih pada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan serta dukunganya dalam menyelesaikan skripsi ini. Saya juga ingin mengucapkan terimakasih pada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT, Selaku Rektor ITN Malang.
2. Seluruh Wakil Rektor dan Staf Karyawan Gedung Rektorat ITN Malang.
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT , Selaku Dekan FTSP ITN Malang.
4. Seluruh Wakil Dekan FTSP ITN Malang.
5. Bapak Ir. Hirijanto. MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
6. Ibu Lila Ayu W., ST, MT., Selaku sekretaris Jurusan Teknik Sipil S-1 ITN Malaang.
7. Seluruh Staf Karyawan Jurusan ITN Malang
8. Bapak Ir.Togi H. Nainggolan., MS Selaku Koordinator Bidang Penelitian.
9. Bapak Yosimson P. Manaha, ST., MT, dan Bapak Drs. Kamidjo Rahardjo, ST., MT Selaku Pembimbing Tugas Akhir.

10. Rekan-rekan Teknik Sipil S-1 yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan laporan ini.
11. Kedua Orang Tuaku dan keluarga besar yang tidak lelah dan berhenti memberi semangat dan doa.

Saya sangat menyadari bahwa di dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan karena adanya keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang saya miliki. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat saya harapkan untuk tercapainya hasil yang lebih baik lagi.

Harapan saya semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.
Amien.....

Malang, 18 Agustus 2011

Penyusun,

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Beberapa Penelitian Terdahulu Mengenai Beton Terkekang ...	6
2.2 Pengekangan pada Beton	11
2.2.1 Pengekangan Beton Dengan Tulangan Transversal	10
2.2.2 Pengekangan Beton Dengan Fine Mesh	11
2.3 Persyaratan Tulangan Transversal	13
2.3.1 Penampang Persegi	13
2.3.2 Kolom Pendek Dengan Beban Konsentrik	14
2.4 Kurva Tegangan-Regangan Beton	15
2.6 Diagram Tegangan-Regangan Baja Tulangan	16
BAB III METODA PENELITIAN	
3.1 Studi Pustaka	18
3.2 Analisis Preliminary Penelitian	18
3.3 Parameter Penelitian.....	18
3.4 Model Analisa	19
3.5 Pengujian Laboratorium	22

3.5.1 Spesifikasi Material	22
3.5.2 Benda Uji	22
3.5.3 Peralatam Pengujian Silinder dan Kolom	26
3.5.4 Tahap Pelaksanaan Eksperimen.....	27
3.6 Analisis Data.....	28
3.6.1 Kolom Beton Terkekang Fine Mesh (RCFM)	28
3.6.2 Kolom Beton Terkekang Tulangan Sengkang (RCH)	37
3.6.3 Kolom Beton Terkekang Sengkang yang dibungkus Fine Mesh (RCFMH).....	44
3.7 Laporan yang telah dikerjakan	55
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengujian Laboratorium	58
4.1.1 Perancangan Campuran Beton	58
4.1.2 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder	58
4.1.3 Pengujian Tarik Baja Tulangan dan Fine Mesh	59
4.2 Hasil Pengujian Tekan Kolom	52
4.2.1 Kolom Beton Terkekang Fine Mesh (RCFM)	59
4.2.2 Kolom Beton Terkekang Tulangan Sengkang (RCH).	62
4.2.3 Kolom Beton Terkekang Sengkang yang dibungkus Fine Mesh (RCFMH)	64
4.2.4 Kurva hubungan tegangan remangan gabungan 3 kolom	67
4.3 Bukti Hipotesa Hasil Analisa	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN I	
1. Tabel Analisis Teoritis Hubungan Tegangan-Regangan Kolom RCFM, RCH, RCFMH.....	
LAMPIRAN II	
1. Perancangan campuran beton	
2. Pengolahan data hasil uji tarik baja tulangan polos (BJTP)	

3. Pengolahan data hasil uji tarik fine mesh

LAMPIRAN III

1. Analisa eksperimental silinder beton
2. Analisa eksperimental kolom beton terkekang fine mesh (RCFM).
3. Analisa eksperimental kolom beton terkekang tulangan sengkang (RCH),.....
4. Analisa eksperimental kolom beton terkekang tulangan sengkang yang dibungkus fine mesh (RCFMH)

LAMPIRAN IV

1. Dokumentasi pelaksanaan pembuatan dan pengujian benda uji
2. Dokumentasi pengujian tarik baja tulangan polos (BJTP) dan fine mesh

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Aksi busur pada beton terkekang (a) Pengekangan dengan sengkang persegi (b) Pengekangan dengan tulangan spiral.	10
Gambar 2.2	Kolom dengan tulangan longitudinal (a) Terkekang dengan sengkang (b) Terkekang dengan tulangan spiral	11
Gambar 2.3	Pengekangan kolom bulat dengan <i>fine mesh</i> (a) Tampak arah memanjang (b) Tampak arah melintang	12
Gambar 2.4	Pengekangan dengan tulangan sengkang yang dibungkus <i>fine mesh</i> (a) Tampak arah memanjang (b) Tampak arah melintang	13
Gambar 2.5	Kurva hubungan tegangan-regangan beton tidak terkekang	16
Gambar 2.6	Kurva hubungan tegangan-regangan untuk pembebanan monotonik beton tidak terkekang dan beton terkekang	17
Gambar 2.7	Kurva hubungan tegangan-regangan baja tulangan	19
Gambar 3.1b	Benda uji kolom bulat yang terkekang <i>fine mesh</i>	26
Gambar 3.1c	Benda uji kolom bulat yang terkekang tulangan sengkang BJTP	27
Gambar 3.1d	Benda uji kolom bulat yang terkekang tulangan sengkang BJTP ditambah <i>fine mesh</i>	27
Gambar 3.2	Ilustrasi set-up pengujian kolom	28
Gambar 3.4	Kurva hubungan tegangan-regangan analisa teoritis kolom RCFM	37
Gambar 3.5	Kurva hubungan tegangan-regangan analisa teoritis kolom RCH	41
Gambar 3.6	Kurva hubungan tegangan-regangan analisa teoritis kolom RCFMH	46
Gambar 3.7	Kurva tegangan-regangan kolom beton analisa teoritis gabungan	47
Gambar 3.8	Bagan alir pelaksanaan penelitian	50
Gambar 4.2	Pengujian kolom terkekang <i>fine mesh</i> (RCFM).....	54
Gambar 4.3	Kurva tegangan-regangan kolom beton terkekang <i>fine mesh</i> (RCFM)	55
Gambar 4.6	Pengujian kolom terkekang tulangan sengkang (RCH)	56

Gambar 4.7	Kurva tegangan-regangan kolom beton terkekang tulangan sengkang (RCH)	60
Gambar 4.8	Kurva tegangan-regangan tulangan sengkang.....	62
Gambar 4.9	Pengujian kolom terkekang tulangan sengkang yang dibungkus <i>fine mesh</i> (RCFMH)	63
Gambar 4.10	Kurva tegangan-regangan kolom beton terkekang tulangan sengkang yang diberi lapisan <i>fine mesh</i> (RCFMH)...	64
Gambar 4.11	Kurva tegangan-regangan tulangan sengkang.....	66
Gambar 4.14	Kurva gabungan tegangan-regangan kolom beton analisa data eksperimen.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Perincian benda uji yang telah diteliti	23
Tabel 3.2	Tegangan regangan kolom beton terkekang fine mesh (RCFM) menurut Mander, dkk.	36
Tabel 3.3	Tegangan regangan kolom beton terkekang tulangan spiral BJTP (RCFMRCH) menurut Mander, dkk.	40
Tabel 3.4	Tegangan regangan kolom beton terkekang tulangan spiral BJTP yang dibungkus fine mesh (RCFMH) menurut Mander, dkk.	45
Tabel 3.5	Hasil perhitungan tagangan regangan teoritis	48
Tabel 4.1	Proporsi campuran beton mutu 20 MPa	51
Tabel 4.2	Hasil tegangan-regangan analisa eksperimen	69
Tabel 4.3	Validasi hasil analisa teoritis dan eksperimen... ..	70

DAFTAR NOTASI

BJTP = Baja Tulangan Polos

ρ = Rasio volumetrik tulangan

ρ_{fm} = Rasio volumetrik *fine mesh*

d_s = Diameter tulangan BJTP

d_{sfm} = 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 sengkang BJTP (MPa)

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

f_y = Kuat leleh tulangan longitudinal BJTP (MPa)

A_g = Luas total penampang kolom (mm²)

A_c = Luas penampang beton kolom persegi yang terkekang tulangan sengkang (mm²)

A_{cfm} = Luas penampang beton kolom persegi yang terkekang *fine mesh* (mm²)

A_{sh} = Luas tulangan sengkang BJTP (mm²)

s = Spasi tulangan sengkang BJTP (mm)

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

hc = Penampang beton kolom yang terkekang dari sumbu ke sumbu sengkang (mm)

$h'c$ = Penampang beton kolom yang terkekang dari sisi luar sengkang (mm)

$h'cfm$ = Penampang beton kolom yang terkekang dari sumbu ke sumbu *fine mesh* (mm)

$h'cfm$ = Penampang beton kolom yang terkekang dari sisi luar *fine mesh* (mm)

- ε_c = Regangan beton
- f'_{lx} = Tegangan kekang efektif arah x penampang (MPa)
- f'_{ly} = Tegangan kekang efektif arah y penampang (MPa)
- ρ_x = Rasio luas penampang efektif sengkang terhadap inti beton terkekang arah x
- ρ_y = Rasio luas penampang efektif sengkang terhadap inti beton terkekang arah y
- K_e = Koefisien efektifitas pengekangan, penampang kolom, $K_e = 0,95$
- f'_{cc} = Kuat tekan beton terkekang (MPa)
- ε_{c0} = Regangan beton tidak terkekang pada saat tegangan maksimum
- ε'_{cc} = Regangan beton terkekang pada saat tegangan maksimum
- ε'_{cu} = Regangan beton ultimit
- ε_{sm} = Regangan baja tulangan pada tegangan tarik maksimum
- ε_{cm} = regangan beton terkekang maksimum
- E_s = Modulus elastisitas baja tulangan (MPa)
- E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)
- n = Perbandingan Modulus elastisitas baja terhadap modulus elastisitas beton
- A_s = Luas total tulangan longitudinal (mm^2)
- A_{sfm} = Luas penampang *fine mesh* (mm^2)
- K = Rasio kuat tekan beton terkekang

BAB 1

PENDAHULUAN

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.

Gempa bumi terjadi setiap hari di bumi, namun kebanyakan kecil dan tidak menyebabkan kerusakan apa-apa. Gempa bumi kecil juga dapat mengiringi gempa bumi besar, dan dapat terjadi sesudah, sebelum, atau selepas gempa bumi besar tersebut. Gempa bumi diukur menggunakan alat yang dinamakan pengukur *Richter*. Gempa bumi dalam skala dari 1 hingga 9 berdasarkan ukurannya (skala *Richter*). Gempa bumi juga dapat diukur dengan menggunakan ukuran skala *Mercalli*.

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 pengekang 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 pengekang 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 akan diteliti adalah “*Bagaimana efektifitas fine mesh sebagai confinement dan retrofitting kolom persegi Ø2-50, beton bertulang terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan regangan (ϵ'_{cc})*” dengan rincian permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana efektifitas *fine mesh* Ø2-50, sebagai pengekang (*confinement*) kolom persegi beton?
2. Bagaimana efektifitas *fine mesh* Ø2-50 sebagai pengekang (*confinement*) kolom persegi beton dibanding tulangan *sengkang* BJTP?
3. Bagaimana efektifitas tulangan *sengkang* BJTP yang di-*retrofit* lapisan *fine mesh* sebagai pengekang (*confinement*) kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan *sengkang* BJTP?
4. Bagaimana model kurva hubungan tegangan-regangan kolom persegi beton yang terkekang *fine mesh* Ø2-50 dibanding tulangan *sengkang* BJTP?
5. Bagaimana model kurva hubungan tulangan *sengkang* BJTP yang di-*retrovit* lapisan *fine mesh* sebagai pengekang (*confinment*) kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan *sengkang* BJTP?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah “*Untuk Mengetahui efektifitas fine mesh Ø2-50 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 Ø2-50* 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 Ø2-50* dibanding tulangan *sengkang BJTP*.
5. Mengetahui model kurva hubungan tulangan sengkang BJPT yang di - *retrovit* lapisan *fine mesh* sebagai pengekang (*confinment*) kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan *sengkang BJPT*.

1.4. Manfaat Penelitian

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

Secara khusus, manfaat utama dari hasil penelitian ini adalah :

1. Memberikan perumusan analisis yang cocok terhadap model kurva hubungan tegangan-regangan untuk kolom beton yang dikekang dengan *fine mesh* Ø2-50.
2. Memberikan perumusan analisis yang cocok terhadap model kurva hubungan tegangan-regangan untuk kolom beton yang dikekang dengan *fine mesh* Ø2-50 dibanding tulangan sengkang BJPT.
3. Memberikan perumusan analisis yang cocok terhadap model kurva hubungan tegangan-regangan untuk kolom beton yang dikekang BJPT yang di -retrofit lapisan *fine mesh* sebagai pengekang kolom beton dibanding kolom beton terkekang tulangan sengkang BJPT
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 BJPT
5. Memberikan informasi kepada para praktisi atau perencana tentang pengekangan kolom beton bertulang menggunakan *fine mesh* pada bangunan gedung yang akan dibangun.

BAB 2
KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

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 hidrostatis dan tulangan spiral. Hasil risetnya yang terkenal yakni rumusan tegangan inti terkekang $f'_{cc} = f'_c + 4,1f_l$ (Blume, 1961). Selanjutnya riset tentang pengekangan terus berlanjut dilakukan oleh Chan (1955), Roy dan Sozen (1963), Slimon dan Yu (1967). Sargin (1971), Kent dan Park (1971), Vallenas, dkk. (1977) Dark, dkk. (1982), yang menghasilkan model-model pengekangan NSC. Riset-riset ini meneliti pengaruh ukuran, kekuatan, jumlah dan spasi tulangan transversal, tingkat pembebanan dan jumlah tulangan longitudinal.

Penelitian yang dilakukan sebelum tahun 1980 umumnya tidak memperlihatkan adanya pengaruh distribusi tulangan longitudinal dan konfigurasi tulangan transversal. Pengaruh ini terbukti signifikan mempengaruhi karakteristik pengekangan berdasarkan penelitian Sheikh dan Uzumeri (1980) pada kolom yang dibebani secara aksial tekan konsentrik. Selain itu, signifikan konfigurasi tulangan transversal juga dibuktikan oleh Scott, dkk. (1982) pada kolom yang dibebani aksial tekan konsentrik dan eksentrik secara monotonik, serta Ozcebe dan

Saatcioglu (1987) untuk pembebanan secara siklik. Jika diamati pada rumusan model-model beton terkekang, maka model-model awal seperti yang diusulkan oleh Park, dkk. (1982) serta Fafitis dan Shah (1985) belum memasukkan konfigurasi tulangan transversal sebagai parameter yang menentukan di dalam pemodelannya. Pengaruh konfigurasi tulangan transversal pertama kali dikemukakan oleh Sheikh dan Uzumeri (1982) yang mengutarakan konsep “luas efektif inti terkekang (*effectively confined core area*)”. Selanjutnya model ini dimodifikasi oleh Sheikh dan Yeh (1986, 1992) dengan memasukkan pengaruh tulangan longitudinal dan eksentrisitas beban aksila tekan pada benda uji kolom dibawah pembebanan tekan yang tinggi.

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

Berdasarkan penelitian Yong, dkk. (1988) dan Razvi (1995). Saat ini model-model pengekangan untuk *High Strength Concrete* (HSC) telah banyak diusulkan, umumnya merupakan modifikasi model-model NSC yang telah ada. Model-model tersebut seringkali memiliki keterbatasan, misalnya model Ahmad dan Shah (1982), Martinez, dkk. (1988), Fafitis dan Shah (1985) hanya sesuai

untuk kolom bulat. Model Yong, dkk. (1988), Muguruma, dkk. (1993), Azizinamimi, dkk. (1994) serta Cusson dan Paultre (1995) hanya sesuai untuk kolom persegi. Akan tetapi model Maguruma (1993) dan Li, dkk. (2001) dapat diterapkan baik untuk NSC dan HSC serta tulangan transversal mutu tinggi. Berbeda dengan model Hong dan Han (2005) yang diturunkan berdasarkan pada kolom persegi HSC, model tersebut menunjukkan peningkatan tegangan leleh tulangan transversal tidak terlalu meningkatkan pengaruh pengekangan pada inti beton.

Selain penelitian diatas telah dilakukan penelitian oleh Yosinson P. M. pada tahun (2007) "Efektivitas 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}). (2008) "Model Kurva Hubungan Tegangan –Regangan Kolom Beton Terkekang Fine Mesh. (2009) "Efektifitas pengekangan Fine Mesh Terhadap Peningkatan Daktilitas Kolom Beton Terkekang di Daerah Gempa Kuat.

Salah satu alternatif yang murah, mudah didapat, praktis dan mudah dibentuk, sehingga penggunaan *fine mesh* pada NSC maupun HSC masih diperlukan sejumlah riset yang signifikan. Riset-riset terdahulu menunjukkan bahwa jika mutu beton ditingkatkan maka jumlah kebutuhan tulangan transversal untuk pengekangan juga meningkat, sehingga tidak dapat dihindari saling berhimpitnya tulangan transversal tersebut. Riset penggunaan *fine mesh* untuk pengekangan belum banyak dilakukan sehingga belum dapat dibuat kesimpulan akhir bahwa *fine mesh* efektif untuk pengekangan.

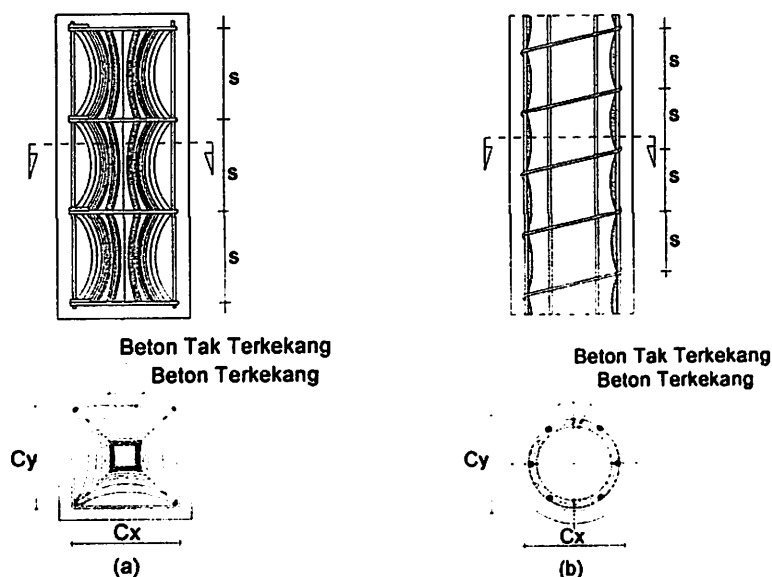
2.2. Pengekangan Pada Beton

Pengekangan pada beton perlu dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-2847-2002 agar elemen struktur baik balok maupun kolom tidak mengalami kegagalan akibat geser. Tulangan transversal sangat berperan dalam mengekang pengembangan lateral yang terjadi akibat beban tekan aksial, mengurangi bahaya pecah (*splitting*) beton, mencegah terjadinya keruntuhan geser pada kolom, dan mencegah *premature buckling* tulangan longitudinal yang dapat mempengaruhi kekuatan dan daktilitas penampang kolom beton bertulang. Semakin tinggi beban aksial yang bekerja terhadap kolom, semakin banyak pula kebutuhan tulangan transversal yang diperlukan agar struktur kolom tersebut lebih kuat dan daktil.

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

Kemampuan deformasi dari beton akan meningkat dengan adanya pengekangan, dan dapat mencapai regangan yang lebih tinggi pada puncak pembebanan. Besarnya regangan pada saat dicapainya tegangan puncak sangat tergantung pada efektifitas pengekangan yang dipasang. Pada penampang persegi daerah efektif terkekang tidak sebaik pada penampang bulat. Daerah efektif terkekang penampang persegi akan semakin meningkat apabila sudut bengkokan

(hook) yang dipasang tulangan longitudinal semakin besar. Beton yang terkekang secara efektif dapat dinyatakan dalam daerah inti beton ketika tegangan kekang sepenuhnya terbentuk akibat busur (*arching action*), seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1a dan 2.1b.

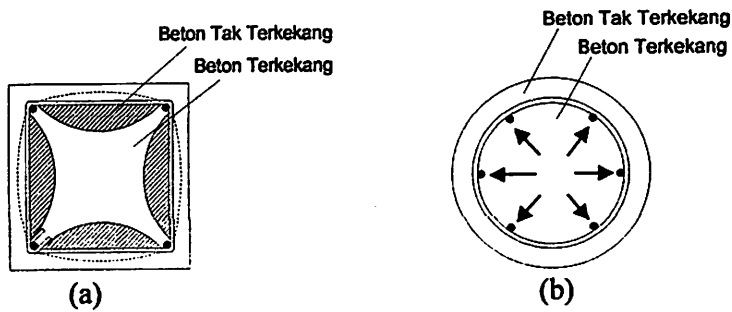


Gambar 2.1. Aksi busur pada beton terkekang (a) Pengekangan dengan sengkang persegi (b) Pengekangan dengan tulangan spiral

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, mengkekang beton agar mengurangi resiko pecahnya beton dan membuat lebih kaku sambungan tulangan memanjang. Sengkang persegi hanya memberikan gaya kekang di daerah sudut-sudut sengkang yang terpasang tulangan longitudinal, sedangkan lilitan spiral pada

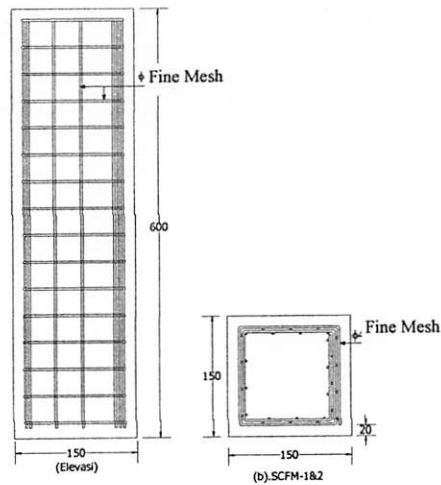
penampang bulat memberikan gaya kekang pada semua sisi spiral, seperti terlihat dalam Gambar 2.2a dan 2.2b. Penampang beton yang diberikan tulangan sengkang (tulangan transversal) dengan detailing yang benar akan meningkatkan kuat tekan dan daktilitas beton. (Park and Paulay, 1975).



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

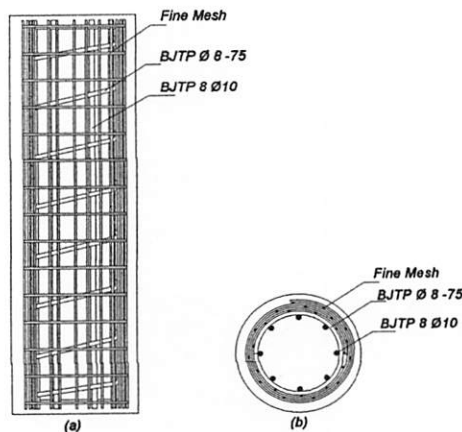
2.2.2. Pengekang Beton Dengan Fine Mesh

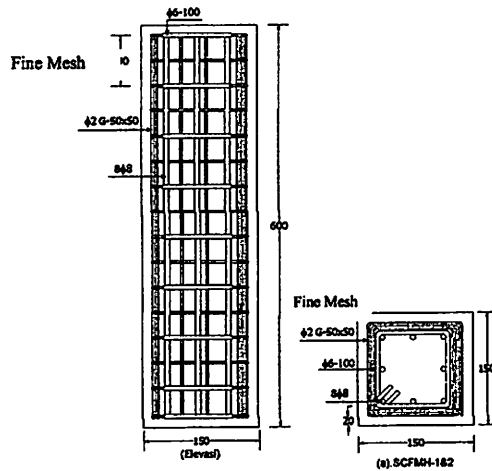
Pengekangan dengan *fine mesh* akan memberikan luasan daerah inti beton yang terkekang lebih banyak dan tekanan kekang yang akan lebih merata dibandingkan tulangan spiral, sehingga pengekangan inti beton akan menjadi lebih efektif seperti terlihat dalam Gambar 2.3a dan 2.3b. Tekanan kekang nominal (f_l) 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 bulat beton bertulang yang dililitkan *fine mesh* dan pada Gambar 2.6a dan 2.6b kolom persegi beton bertulang yang dililitkan *fine mesh*.





Gambar 2.6. Pengekangan dengan *tulangan sengkang* yang dibungkus *fine mesh* (a) Tampak arah memanjang (b) Tampak arah melintang

2.3. Persyaratan Tulangan Transversal

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

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 pengekanan harus tidak boleh kurang dari nilai 2 Persamaan dibawah

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

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

2.3.2. Kolom Pendek dengan Beban Konsentrik

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

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

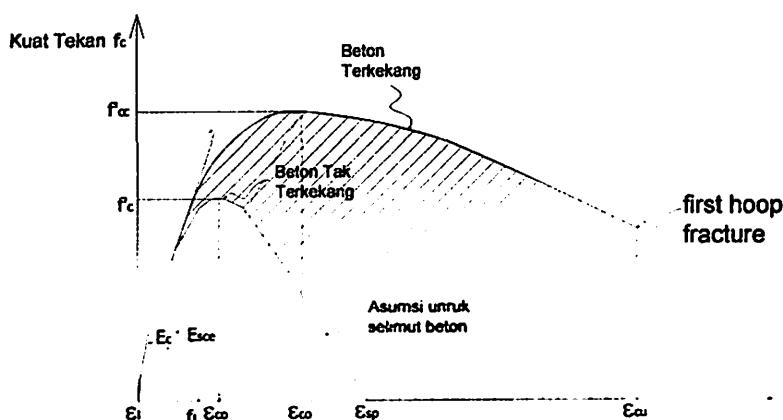
Kapasitas beban sentris maksimum pada kolom dapat diperoleh dengan menambahkan kontribusi beton, yaitu $(A_g - A_{st}) \cdot f'_c$ dan kontribusi baja, $A_{st} \cdot f_y$. yang digunakan dalam perhitungan disini adalah f'_c , dengan demikian kapasitas beban centris maks adalah P_o yang dapat dinyatakan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

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

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

2.4. 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 :

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

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

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

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

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

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

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

Regangan tekan puncak beton terkekang

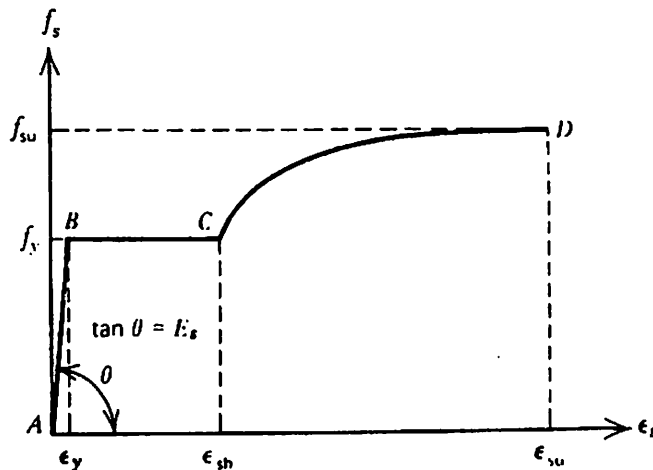
$$\epsilon'_{cc} = 0,002 [1 + 5(f'_{cc} / f'_c - 1)] \dots\dots\dots (2.15)$$

Regangan ultimit beton terkekang adalah

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

2.5. 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 : $\epsilon_s \leq \epsilon_y$

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

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

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

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

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

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

di mana :

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

BAB 3
METODA PENELITIAN

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Studi Pustaka

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

3.2. Analisis Preliminary Penelitian

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

Berdasarkan kapasitas alat tersebut, dengan melakukan *trial and error* akhirnya diperoleh diameter specimen, kuat tekan beton, diameter tulangan BJTP atau tulangan konvensional, diameter dan grid *fine mesh* serta jumlah *layer fine mesh*.

3.3. Parameter Penelitian

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

- a. Kolom pendek dengan penampang berbentuk persegi ukuran 130 x 130 mm
- b. Tinggi kolom $h = 600$ mm
- c. Selimut beton kolom = 10 mm.
- d. Mutu beton $f'_c = 20,09$ MPa.
- e. Tegangan leleh baja tulangan polos $f_y = 200,98$ MPa
- f. Baja tulangan polos $\varnothing = 6$ mm dan $\varnothing = 8$ mm
- g. Diameter *fine mesh* adalah $\varnothing = 2$ dengan ukuran grid 50 x 50 mm.
- h. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai pada kolom beton terkekang *fine mesh (RCFM)* diperhitungkan berdasarkan *Ash* terpasang tulangan *sengkang* BJTP untuk kolom yang memikul beban gravitasi.
- i. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai pada kolom beton terkekang *fine mesh (RCFM)* diperhitungkan berdasarkan *Ash* terpasang tulangan *sengkang* BJTP untuk kolom yang memikul beban gempa kuat.
- j. Jumlah lapisan *fine mesh* yang dipakai untuk membungkus kolom beton terkekang *BJTP* yang memikul beban gravitasi diperhitungkan berdasarkan selisih antara *Ash* tulangan *sengkang* BJTP gempa kuat terhadap *Ash* terpasang tulangan *sengkang* BJTP yang memikul beban gravitasi .

3.4. Model Analisis

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

- a. Analisis efektifitas kolom beton yang terkekang *fine mesh* $\varnothing 2-50$ (RCFM) secara teoritis terhadap kuat tekan dan regangan beton.
- b. Analisis efektifitas kolom beton yang terkekang *tulangan sengkang gravity* (RCHG) secara teoritis terhadap kuat tekan dan regangan beton.
- c. Analisis efektifitas kolom beton yang terkekang *tulangan sengkang earthquake* (RCHE) secara teoritis terhadap kuat tekan dan regangan beton.
- d. Analisis efektifitas kolom beton yang terkekang *tulangan sengkang Earthquake* yang dibungkus lapisan *fine mesh* (RCFMH) secara teoritis terhadap kuat tekan dan regangan beton.
- e. Analisis efektifitas kolom beton yang terkekang *tulangan sengkang gravity* yang di-*retrofit* lapisan *fine mesh* (RCFMH) secara teoritis terhadap kuat tekan dan regangan beton.
- f. Analisis data eksperimen peningkatan kuat tekan beton (f'_{cc}) kolom beton terkekang *fine mesh* $\varnothing 2-50$ (RCFM).
- g. Analisis data eksperimen peningkatan kuat tekan beton (f'_{cc}) kolom RCHG.
- h. Analisis data eksperimen peningkatan kuat tekan beton (f'_{cc}) kolom RCHE
- i. Analisis data eksperimen peningkatan kuat tekan beton (f'_{cc}) kolom RCFMH.

- j. Analisis data eksperimen peningkatan kuat tekan beton (f'_{cc}) kolom RCFMH.
- k. Analisis data eksperimen hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom RCFM.
- l. Analisis data eksperimen hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom RCHG.
- m. Analisis data eksperimen hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom RCHE.
- n. Analisis data eksperimen hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom RCFMH.
- o. 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 RCHE.
- q. Pembuatan kurva hubungan tegangan-regangan (ϵ'_{cc} dan ϵ'_{cu}) kolom RCFMH.

- r. 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 digunakan adalah baja tulangan polos (BJTP) $\varnothing = 8$ mm dan tulangan transversal menggunakan baja tulangan polos $\varnothing = 8$ mm dan $\varnothing = 6$ mm. Kuat leleh baja tulangan polos dites dengan melakukan uji tarik untuk mendapatkan f_y . Jaring kawat menggunakan *fine mesh* diameter $\varnothing = 2$ grid = 50 x 50 mm. Kuat leleh *fine mesh* akan dilakukan uji tarik untuk mendapatkan f_y . Kuat tekan beton akan diperoleh dengan melakukan pengujian silinder beton berukuran 150 x 300 mm yang telah berumur 28 hari.

3.5.2. Benda Uji

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian benda uji beton berukuran 150 x 300 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	-	Ø2-50	Sampel 1	1 Buah
RCFM-1	130 x 130 mm	-	Ø2-50	Sampel 2	1 Buah
RCFM-1	130 x 130 mm	-	Ø2-50	Sampel 3	1 Buah
RCHG	130 x 130 mm	Longitudinal Ø=8mm dan Transversal Ø=6mm	-	Sampel 4	1 Buah
RCHG	130 x 130 mm	Longitudinal Ø=8mm dan Transversal Ø=6mm	-	Sampel 5	1 Buah
RCHG	130 x 130 mm	Longitudinal Ø=8mm dan Transversal Ø=6mm	-	Sampel 6	1 Buah
RCFMH	130 x 130 mm	Longitudinal Ø=8mm dan Transversal Ø=6mm	FM Ø 2 – 50 mm	Sampel 7	1 Buah
RCFMH	130 x 130 mm	Longitudinal Ø=8mm dan Transversal Ø=6mm	FM Ø 2 – 50 mm	Sampel 8	1 Buah
RCFMH	130 x 130 mm	Longitudinal Ø=8mm dan Transversal Ø=6mm	FM Ø 2 – 50 mm	Sampel 8	1 Buah

Keterangan :

RCFM = *Rectangular Column Fine Mesh*

RCH = *Rectangular Column Hoops*

RCFMH = *Rectangular Column Fine Mesh and Hoops*

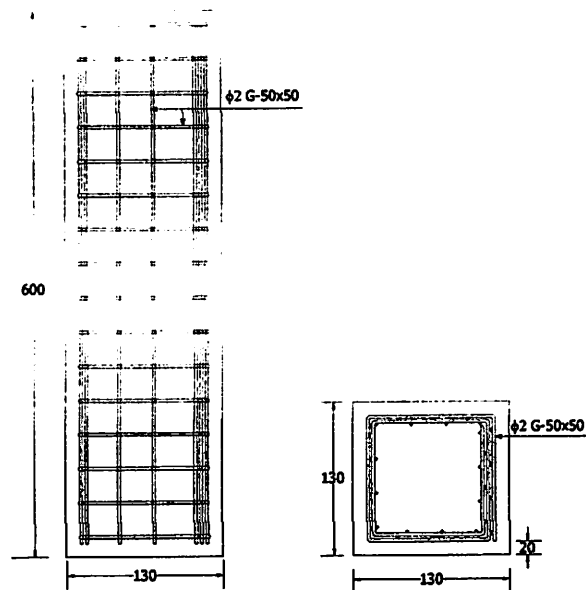
D = Diameter kolom

FM = *Fine Mesh*

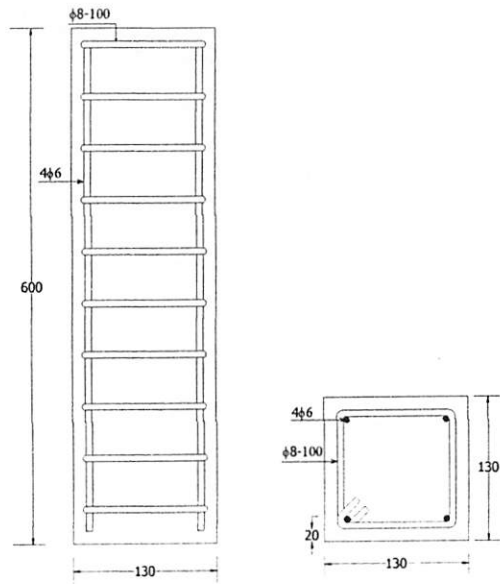
s = Jarak Tulangan Spiral/Senggang BJTP

Model benda uji kolom persegi yang akan diteliti dapat dilihat dalam Gambar

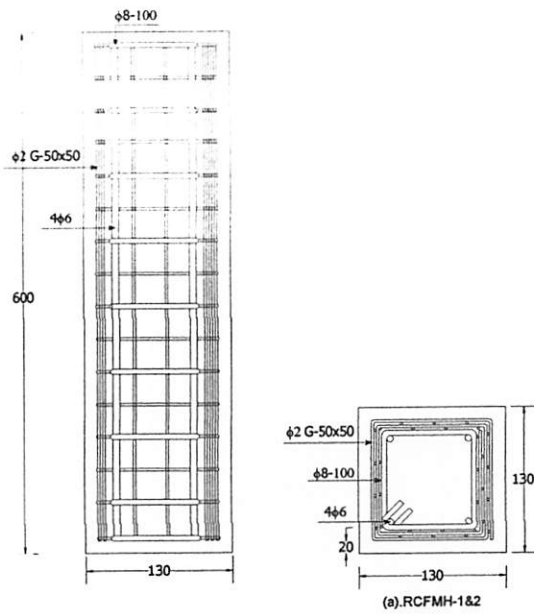
3.1a, 3.1b, dan 3.1c berikut ini :



Gambar 3.1a. Benda Uji Kolom Persegi yang terkekang *fine mesh*



Gambar 3.1b. Benda Uji Kolom Persegi Beton yang terkekang
tulangan sengkang BJTP

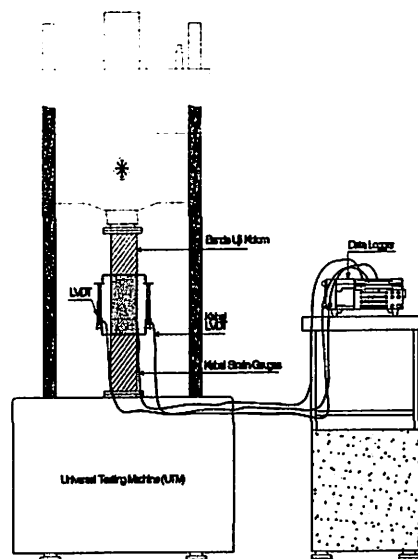


Gambar 3.1c. Benda Uji Kolom Persegi Beton yang terkekang tulangan sengkang BJTP yang dibungkus dan di-*retrofit fine mesh*

3.5.3. Peralatan Pengujian Silinder dan Kolom

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

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



Gambar 3.2 Ilustrasi set-up pengujian kolom

3.5.4. Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan uji material agregat dan semen
2. Melakukan uji tarik *fine mesh*.
3. Melakukan uji tarik baja tulangan polos (BJTP).
4. Melakukan penelitian analisis material untuk mendapatkan mix desain campuran beton sesuai dengan kuat tekan rencana $f'c = 20$ MPa.
5. Melakukan pekerjaan begisting kolom persegi 130 x 130 mm
6. Melakukan pekerjaan pembentukkan dan pemasangan *fine mesh*
7. Melakukan pekerjaan pembesian *tulangan konvensional*.
8. Memasang strain gauge pada *fine mesh*, tulangan longitudinal dan transversal kolom.
9. Melakukan pengecoran benda uji silinder dan kolom.
10. Setelah 48 jam atau beton telah cukup kering, cetakan benda uji silinder dan kolom dibuka.
11. Setelah cetakan dibuka, akan dilakukan perawatan beton dengan cara merendam benda uji silinder dan kolom ke dalam bak yang berisi air.
12. Setelah benda uji berumur 28 hari, akan pengujian kuat tekan.
13. Pengujian dilakukan dengan sistem *load control* dan *displacement control*.
14. Pengambilan data regangan tulangan *sengkang BJTP* dan *fine mesh* pada saat pembebanan diperoleh melalui strain gauge yang terpasang menggunakan alat *data logger*.

15. Selama pembebanan akan dilakukan pengamatan, pemotretan dan pencatatan data.

16. Data yang akan dicatat adalah :

- a. Pencatatan data pembebanan naik dan turun.
- b. Pencatatan fenomena retak dan besar beban pada awal retak
- c. Lompatan beban dan besar beban pada saat kolom runtuh.
- d. Data regangan *tulangan* dan *fine mesh* berdasarkan hasil dari *strain gauge*.

3.6. Analisis Data

Dari kepustakaan yang ada, 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 :

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

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f'_c} \\ &= 4700 \sqrt{20,09} \end{aligned}$$

$$= 21066,27 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{2f_c^*}{E_c} \quad (2.9)$$

$$= \frac{2 \times 20,09}{21066,27}$$

$$= 0,00191$$

$$f_c = f_c^* \left[\frac{2\varepsilon_c}{\varepsilon_0} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^2 \right] \quad (2.8)$$

$$f_c^* = \frac{f_c}{\left[\frac{2\varepsilon_c}{\varepsilon_0} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^2 \right]} \quad (2.8)$$

$$= \frac{20,09}{\left[\frac{2 \times 0,00191}{0,00191} - \left(\frac{0,00191}{0,00191} \right)^2 \right]}$$

$$= 20,09 \text{ MPa}$$

Luas total fine mesh arah longitudinal adalah :

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

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

$$= 48,325 \text{ mm}^2$$

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

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

$$= \frac{200000}{21066,27}$$

$$=9,493$$

- *Layer 1 (lapisan dalam) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$h_{cfm} = 130 - 10 - 10 - (2 \times 1,8) - (2 \times 1,8) - 1,8 = 101 \text{ mm}$$

$$h'_{cfm} = 130 - 10 - 10 - (2 \times 1,8) - (2 \times 1,8) = 102,8 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned}\rho_{fm} &= \frac{(4 \cdot h_c) \cdot A_{fm}}{(h_c^2) \cdot s} \\ &= \frac{(4 \cdot 101) (2,54)}{(102,8^2) 50} \\ &= 0,00194\end{aligned}$$

- *Layer 2 (lapisan luar) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$h_{cfm} = 130 - 10 - 10 - 1,8 = 108,2 \text{ mm}$$

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

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

$$\begin{aligned}\rho_{fm} &= \frac{(4 \cdot h_c) \cdot A_{fm}}{(h_c^2) \cdot s} \\ &= \frac{(4 \cdot 108,2) (2,54)}{(110^2) 50} \\ &= 0,00181\end{aligned}$$

Rasio total = $\rho_x = \rho_y = 0,00194 + 0,00181$

$$\rho_{fm} = \rho_x = \rho_y = 0,00376$$

$$f'_{lx} = K_e \cdot \rho_{sfm} \cdot f_{yfm} \quad (2.11)$$

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

$$K_e = 0,95$$

$$\begin{aligned} f'_{lx} = f'_{ly} &= 0,95 \times 0,00376 \times 404,4 \\ &= 1,446 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\frac{f'_{lx}}{f'_c} = \frac{f'_{ly}}{f'_c} = \frac{1,446}{20,09} = 0,0719$$

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

$$K = 1 + 2,05 \times 0,00376 \times \left(\frac{404,4}{20,09} \right) = 1,155$$

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

$$f'_{cc} = 1,155 \times 20,09 = 23,21 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \left(\frac{23,21}{20,09} - 1 \right) \right] = 0,00355$$

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

$$\rightarrow \rho_{sm} = 0,00376$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,00376 \times 404,4 \times \frac{0,15}{23,21} = 0,0177$$

Beban maksimum kolom RCFM adalah :

$$\begin{aligned} P_{maks} &= f'_{cc} \times ((A_g - A_{sfm}) + (A_{sfm} \times n)) \\ &= 23,21 \times ((16900 - 48,325) + (48,325 \times 9,49)) \\ &= 401785,001 \text{ N} = 40,1785 \text{ ton} \end{aligned}$$

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.3.

➤ 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)

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

➤ Kolom 3

Rasio perbandingan regangan beton terhadap regangan saat tegangan mencapai maksimum

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \tag{2.15}$$

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

➤ Kolom 4

Kuat tekan beton kolom

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 10)

$$\varepsilon_{s0u} = \frac{3 + 0,002 \cdot f'_c}{f'_c - 1000}$$

➤ 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

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

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

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

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

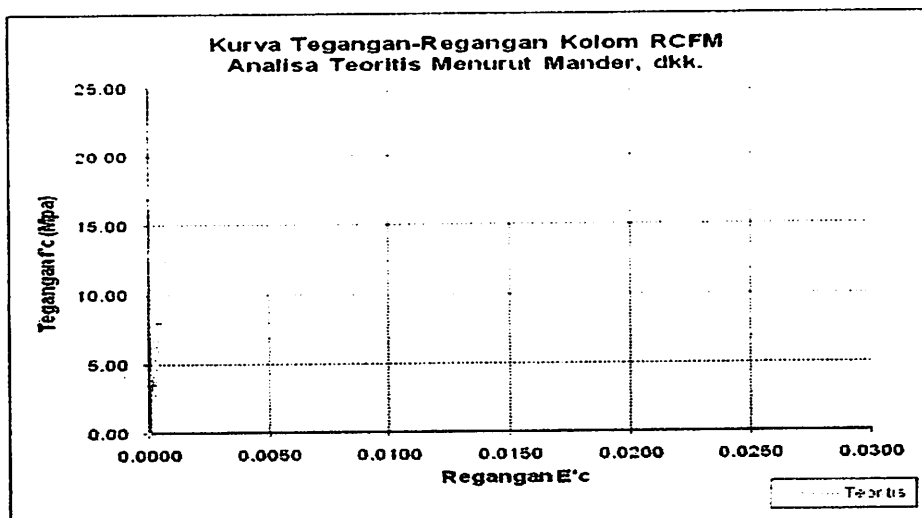
$$f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times r}{r - 1 + x'} \quad (2.14)$$

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

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

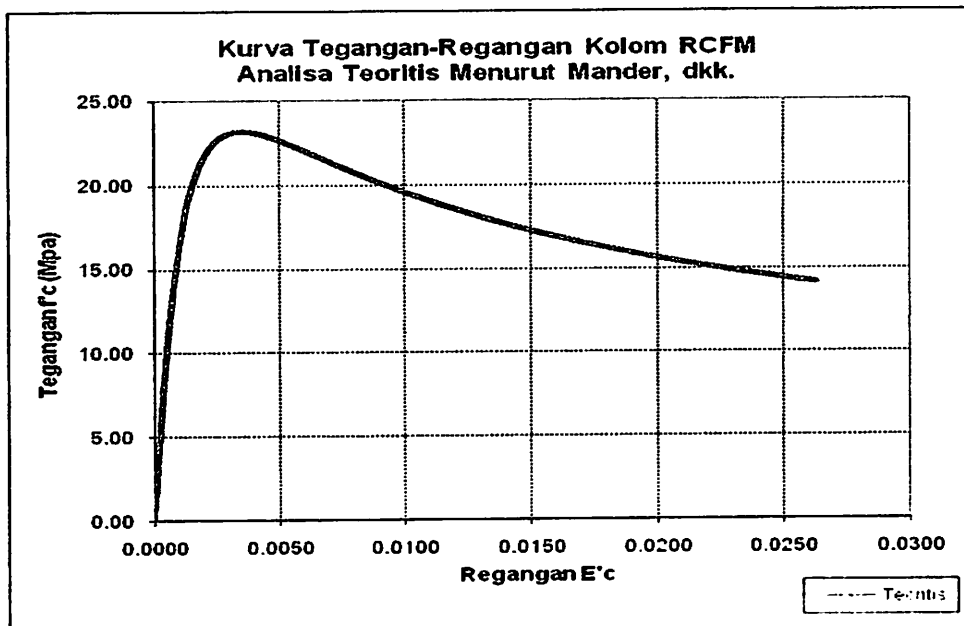
$$f'_{cc} = K * f'_c$$

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

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 $\varnothing 8 - 60$, 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.

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$h_c = D - (2 \times \text{selimut beton}) - \varnothing \text{ tulangan spiral}$$

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

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

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

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

$$= 110 \text{ mm}$$

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

$$= 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 7,8^2$$

$$= 191,04 \text{ mm}^2$$

Tulangan sengkang untuk gempa kuat pada kolom bulat adalah $\varnothing 6 - 60$.

Rasio tulangan sengkang yang terpasang adalah :

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{(4 \cdot h_c) \cdot A_s}{(h_c^2) \cdot s} \\ &= \frac{(4 \cdot 104,2) (26,4)}{(110^2) \cdot 60} \\ &= 0,0151 \end{aligned}$$

$$\rho_x = \rho_y = 0,0151$$

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

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

$$K_e = 0,95$$

$$f'_{lx} = f'_{ly} = 0,95 \times 0,0151 \times 200,98$$

$$= 2,89 \text{ MPa}$$

$$\frac{f'_{lx}}{f'_c} = \frac{f'_{ly}}{f'_c} = \frac{2,89}{20,09} = 0,144$$

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

$$K = 1 + 2,05 \times 0,0151 \times \left(\frac{200,98}{20,09} \right) = 1,31$$

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

$$f'_{cc} = 1,31 \times 20,09 = 26,33 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \left(\frac{26,33}{20,09} - 1 \right) \right] = 0,0051$$

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

$$\rightarrow \rho_s = 0,0151$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,0151 \times 200,98 \times \frac{0,15}{26,33} = 0,028$$

Beban maksimum kolom RCHG adalah :

$$\begin{aligned} P_{maks} &= f'_{cc} \times ((A_g - A_s) + (A_s \times n)) \\ &= 26,33 \times ((16900 - 191,04) + (191,04 \times 9,49)) \\ &= 487818,085 \text{ N} = 48,781 \text{ ton} \end{aligned}$$

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

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.4.

➤ Kolom 1

Nomor urut.

➤ Kolom 2

Regangan beton naik (no urut 1 s/d 9)

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

Regangan beton turun (no urut 9 s/d 21)

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

➤ Kolom 3

Rasio perbandingan regangan beton terhadap regangan saat tegangan mencapai maksimum

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

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

➤ Kolom 4

Kuat tekan beton kolom

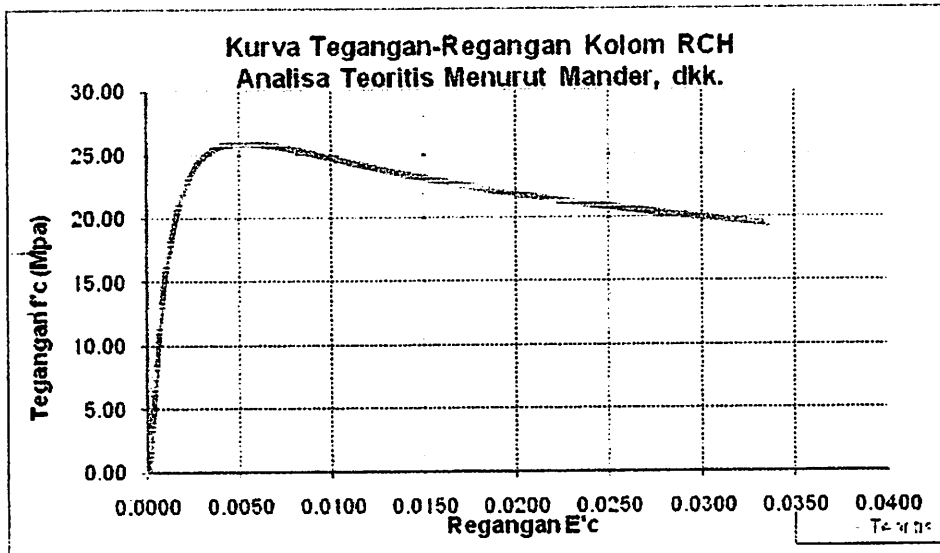
$$f_c = \frac{f'_{cc} \times x \times r}{r - 1 + x'} \quad (2.14)$$

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

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

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

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 $\varnothing 6 - 100$, 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 -nya memenuhi syarat pengekanan yang setara dengan ρ_s pada kolom RCH.

Rasio tulangan transversal (ρ) 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

Rasio tulangan transversal (ρ) 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.

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

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

$$= 48,325 \text{ mm}^2$$

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

$$= 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 7,8^2$$

$$= 191,037 \text{ mm}^2$$

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 $\phi - 100$.

$$h_c = D - (2 \times \text{selimut beton}) - 4 \times \phi \text{ fine mesh} - \phi \text{ tulangan sengkang}$$

$$= 130 - (2 \times 10) - (2 \times 1,8) - 5,8$$

$$= 97 \text{ mm}$$

$$h_{c'} = D - (2 \times \text{selimut beton}) - 4 \times \phi \text{ fine mesh}$$

$$= 130 - (2 \times 10) - (4 \times 1,8)$$

$$= 102,8 \text{ mm}$$

Rasio tulangan sengkang yang terpasang adalah :

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{(4.h_c).As}{(h_c^2).s} \\ &= \frac{(4.97)(26,4)}{(102,8^2)100} \\ &= 0,0096 < \rho_{RCH} = 0,0151\end{aligned}$$

- *Layer 1 (lapisan dalam) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$D_{cfm} = 130 - 10 - 10 - (2 \times 1,8) - 1,8 = 104,6 \text{ mm}$$

$$D'_{cfm} = 130 - 10 - 10 - (2 - 1,8) = 106,4 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{(4.h_c).As}{(h_c^2).s} \\ &= \frac{(4.100)(28,26)}{(106^2).50} \\ &= 0,00187\end{aligned}$$

- *Layer 2 (lapisan luar) :*

Diameter kolom yang terkekang adalah :

$$D_{cfm} = 130 - 10 - 10 - 1,8 = 108,2 \text{ mm}$$

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

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

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

$$= \frac{(4 \cdot 108,2) (2,54)}{(110^2) \cdot 50}$$

$$= 0,00181$$

$$\text{Rasio total} = \rho_x = \rho_y = 0,0969 + 0,00187 + 0,00181$$

$$\rho_x = \rho_y = 0,0133$$

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

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

$$K_e = 0,95$$

$$f'_{lx} = f'_{ly} = 0,95 \times 0,0133 \times 200,98$$

$$= 2,557 \text{ MPa}$$

$$\frac{f'_{lx}}{f'_c} = \frac{f'_{ly}}{f'_c} = \frac{2,753}{20,09} = 0,127$$

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

$$K = 1 + 2,05 \times 0,0133 \times \left(\frac{200,98}{20,09} \right) = 1,274$$

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

$$f'_{cc} = 1,274 \times 20,09 = 25,608 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon'_{cc} = 0,002 \left[1 + 5 \left(\frac{25,604}{20,09} - 1 \right) \right] = 0,0049$$

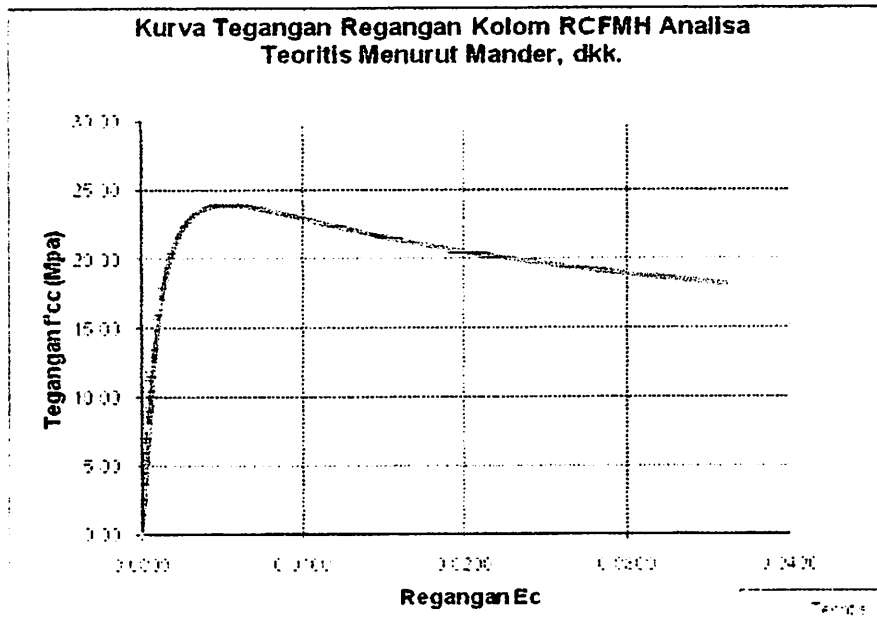
$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \cdot \rho_s \cdot f_{yh} \cdot \frac{\varepsilon_{sm}}{f'_{cc}} \quad (2.19)$$

$$\rightarrow \rho_s = 0,0133$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0,004 + 1,4 \times 0,0133 \times 200,98 \times \frac{0,15}{20,09} = 0,0273$$

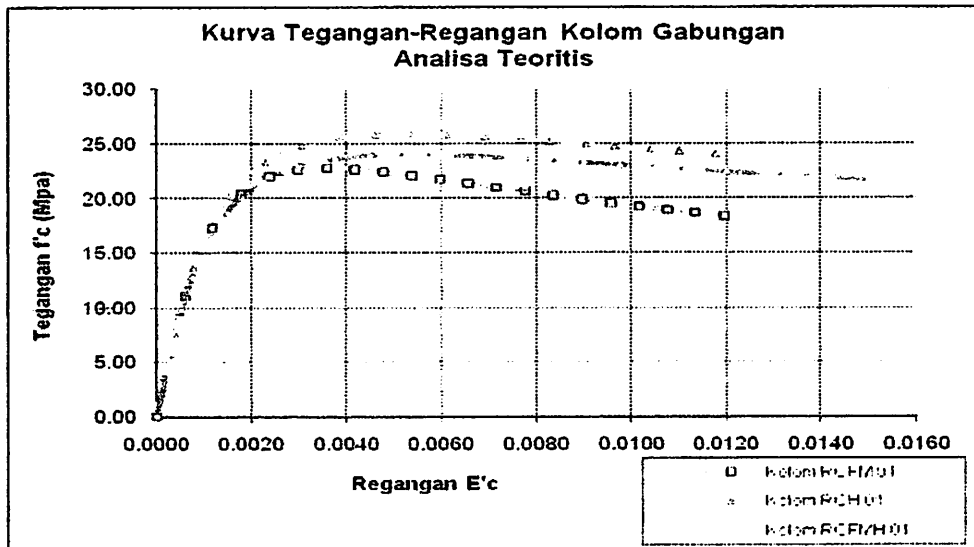
Beban maksimum kolom RCFMH adalah :

$$\begin{aligned} P_{maks} &= f'_{cc} \times ((A_g - A_s - A_{sfm}) + (A_s \times n) + (A_{s, fm} \times n)) \\ &= 26,03 \times ((16900 - (191,03 + 48,325) + (191,03 \times 9,493) + (48,325 \times \\ &\quad 9,493)) \\ &= 492850,3\text{N} = 49,285\text{ton} \end{aligned}$$



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

Gambar 3.7 adalah gambar kurva tegangan-regangan hasil analisa teoritis kolom (Gambar 3.3), RCFM (Gambar 3.4), RCH (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 Gabungan

Mengacu pada Tabel 3.6. terlihat bahwa hasil analisa teoritis kolom RCFM mempunyai efektifitas pengekangan yang cukup baik bila dibanding dengan kolom RCH. sedangkan RCH dan RCFMH mempunyai nilai peningkatan kuat tekan (f'_{cc}), regangan puncak beton terkekang (ϵ'_{cu}) 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				Perbedaan (%)		
			f _{cc}	ε' _{cc}	ε' _{cu}	P _{max} (ton)	f _{cc}	ε' _{cc}	ε' _{cu}
1	RCH	0.0151	26.302	0.00613	0.03358	54.374	0	0	0
2	RCFM	0.00376	23.207	0.00358	0.02628	44.582	13.338	0.00091	0.019175
3	RCFMH	0.0144	26.010	0.00526	0.03605	70.97	10.7783	0.00088	0.035207

3.7. Laporan telah yang dikerjakan

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

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

1. Pengaruh rasio volumetrik, grid, diameter, *fine mesh* terhadap kurva hubungan tegangan-regangan hasil eksperimen.
2. Pengaruh rasio volumetrik, spasi, diameter, tulangan *sengkang* terhadap kurva hubungan tegangan-regangan hasil eksperimen.
3. Pengaruh rasio volumetrik, spasi, diameter, tulangan *sengkang* yang diberi lapisan *fine mesh* terhadap kurva hubungan tegangan-regangan hasil eksperimen.

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

16. Pengaruh rasio volumetrik, kapasitas pengekanan dan spasi tulangan *sengkang* yang diberi lapisan *fine mesh* terhadap rasio penambahan kekuatan kolom.

BAB 4
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

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 m^3 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

4.1.1.1. 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 150×300 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

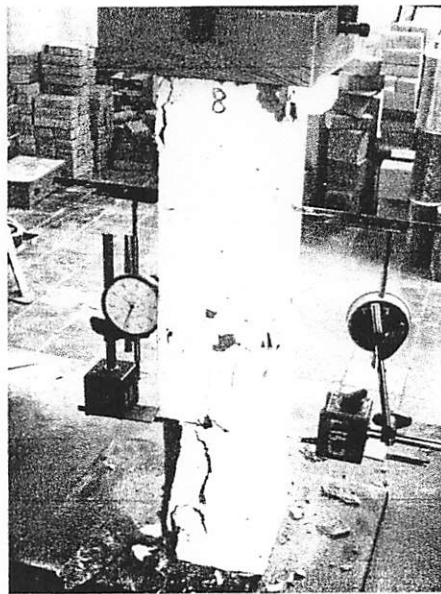
Pelaksanaan pengujian kuat tarik baja dan *fine mesh* menggunakan SNI 07-2052-2002. Alat uji yang digunakan adalah *Universal Testing Machine (UTM)*. Sebagaimana lazimnya, pengujian spesimen baja hanya dilakukan dengan tarikan saja, sedang pengujian tekan tidak dilakukan. Tulangan longitudinal dan spiral 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 2 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 2 mm dengan tegangan leleh rata-rata hasil pengujian adalah $f_{yfm} = 404,4$ MPa. Selengkapnya 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 diawali dengan retak arah membelah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P = 31$ ton, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan dengan penambahan beban tekan P hingga beban puncak. Seperti terlihat dalam Gambar 4.3a, gambar ini diambil pada saat beban P telah melewati beban puncak tapi kolom tetap ditekan hingga beban turun menjadi $P = 37$ ton yang ditandai dengan lepasnya selimut beton, kemudian bagian inti beton mulai pecah karena efek pengeangan berkurang. Beban tekan tetap diberikan hingga beban turun mencapai $P = 18$ ton dengan besar displacement adalah 9,87 mm, setelah itu kolom hancur dengan yang ditandai dengan lelehnya *fine mesh* hingga bagian inti beton hancur.



(a)

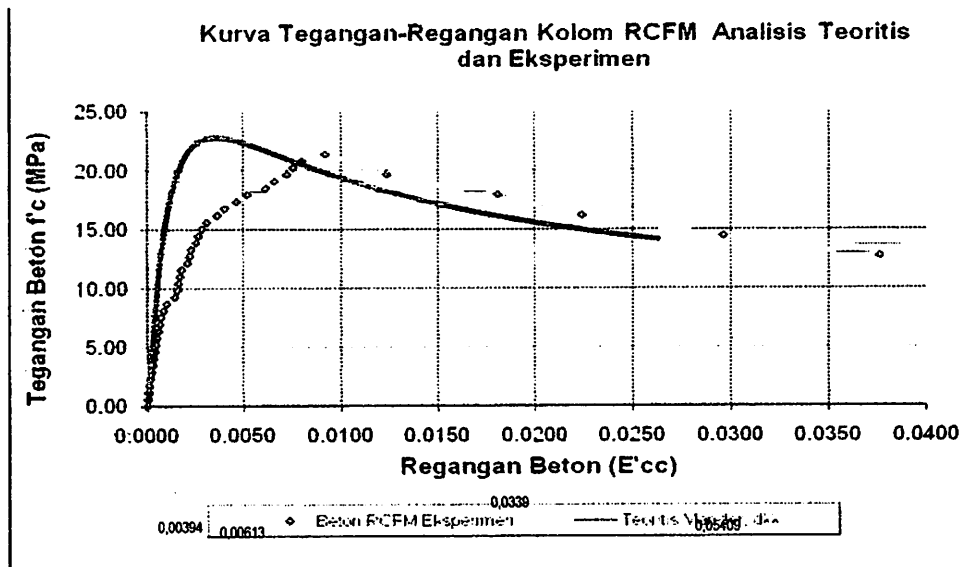
(b)

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.



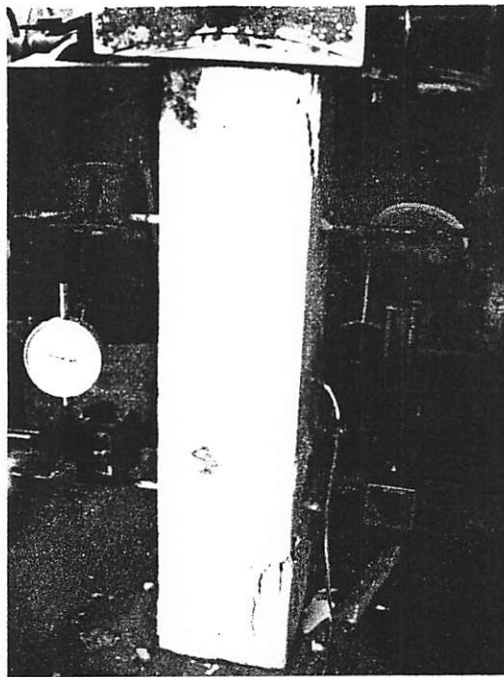
Gambar 4.3. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton terkekang Fine Mesh (RCFM)

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 21.374 MPa sedangkan f'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 23.207 MPa sehingga terdapat perbedaan kuat tekan sebesar 8,5 %. Nilai regangan beton ϵ'_{cc} hasil analisa eksperimen sebesar 0,00923 sedangkan ϵ'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 0,00358 atau mengalami peningkatan sebesar 161,17 %. Nilai regangan beton ultimit ϵ'_{cu} hasil analisa eksperimen sebesar 0,0376 sedangkan ϵ'_{cu} hasil analisa teoritis sebesar 0,0262 atau mengalami peningkatan sebesar 30.13 %. 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.

4.2.2. Kolom Beton terkekang Tulangan Sengkang (RCH)

1. Mekanisme Keruntuhan.

Mekanisme keruntuhan kolom RCH diawali dengan retak arah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P = 37$ 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 dihentikan.

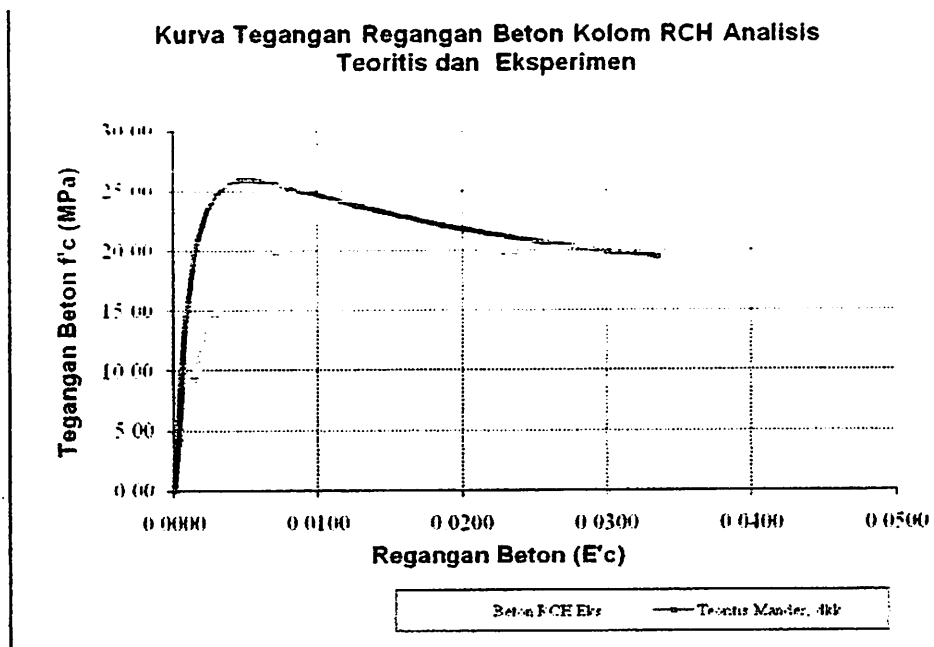


(a) (b)
Gambar 4.6. Pengujian Kolom terkekang Tulangan Sengkang (RCH)

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.



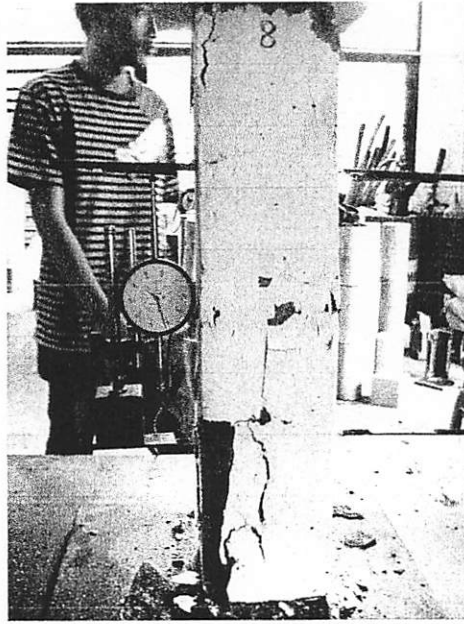
Gambar 4.7. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton terkekang Tulangan Sengkang (RCH)

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 23,754 MPa sedangkan f'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 26,302 MPa sehingga terdapat perbedaan kuat tekan sebesar 9,72 %. Nilai regangan beton ϵ'_{cc} hasil analisa eksperimen sebesar 0,0106 sedangkan ϵ'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 0,00613 atau mengalami peningkatan sebesar 37,84 %. Nilai regangan beton ultimit ϵ'_{cu} hasil analisa eksperimen sebesar 0,0385 sedangkan ϵ'_{cu} hasil analisa teoritis sebesar 0,033 atau mengalami peningkatan sebesar 12,8 %. 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 diawali dengan retak arah memanjang kolom pada saat beban mencapai $P = 39$ ton, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan dengan penambahan beban tekan P hingga beban puncak. Seperti terlihat dalam Gambar 4.9a, gambar ini diambil pada saat beban P telah mencapai beban puncak $P = 46$ 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 $P = 39$ ton lalu terjadi lompatan beban turun hingga mencapai $P = 29$ ton sehingga pengujian kolom RCFMH-01 dihentikan.



(a)

(b)

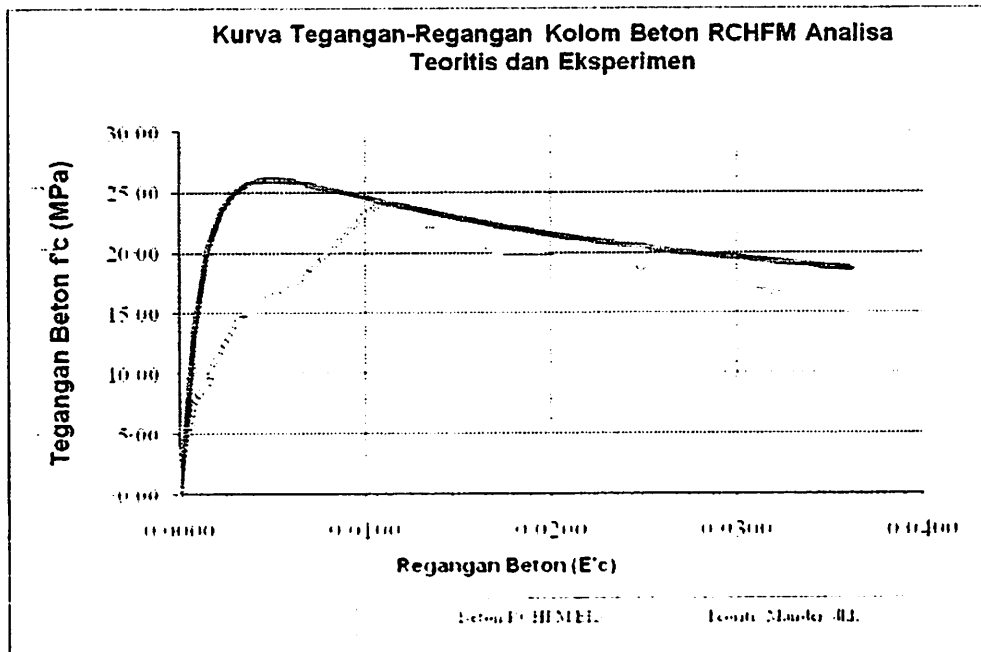
Gambar 4. 9. Pengujian kolom terkekang tulangan sengkangl yang dibungkus fine mesh (RCFMH)

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.

eksperimen dan teoritis tersebut digabungkan dalam satu gambar seperti terlihat pada Gambar 4.10.

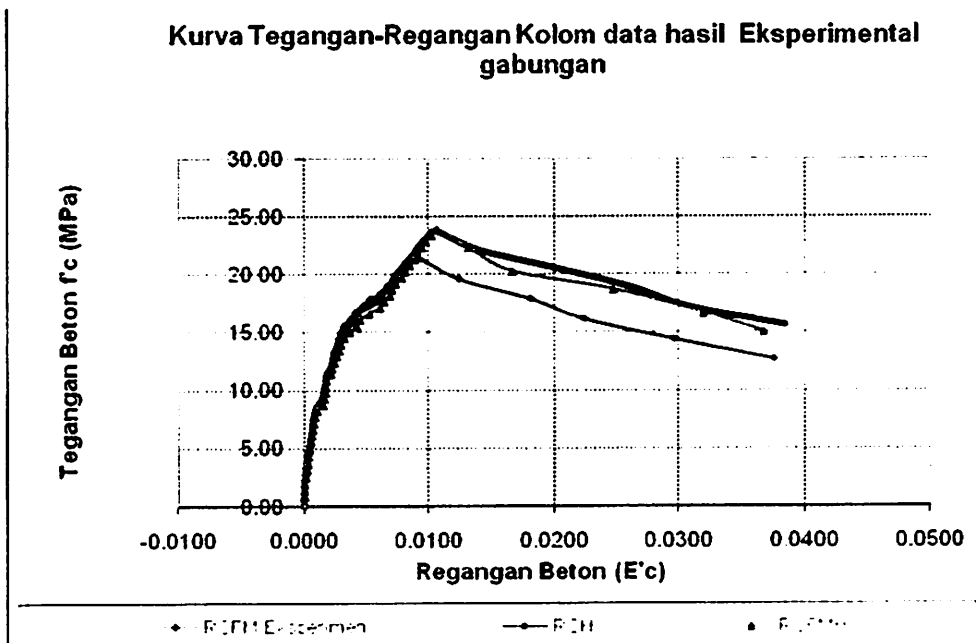


Gambar 4.10. Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton terkekang Tulangan Sengkok yang diberi lapisan fine mesh (RCFMH)

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 23,989 MPa sedangkan f'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 26,01 MPa sehingga terdapat perbedaan kuat tekan sebesar 8,4 %. Nilai regangan beton ϵ'_{cc} hasil analisa eksperimen sebesar 0,0106 sedangkan ϵ'_{cc} hasil analisa teoritis sebesar 0,00526 atau mengalami peningkatan sebesar 50,74 %. Nilai regangan beton ultimit ϵ'_{cu} hasil analisa eksperimen sebesar 0,0368 sedangkan ϵ'_{cu} hasil analisa teoritis sebesar 0,036 atau mengalami peningkatan sebesar 2.21 %. Dapat dikatakan bahwa kurva tegangan-regangan hasil eksperimen mempunyai nilai regangan yang lebih besar sebelum terjadi keruntuhan kolom, sehingga dapat disimpulkan bahwa

4.2.4. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Beton Gabungan 3 Kolom

Terlihat pada Gambar 4.14. kurva tegangan-regangan hasil eksperimen kolom yang terkekang tulangan spiral (RCH) dan kolom yang terkekang tulangan sengkang BJTP yang dibungkus (RCFMH) terlihat terjadi peningkatan tegangan beton yang lebih besar, sedangkan regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) relatif sama dengan regangan beton kolom RCFM.



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

Tabel 4.3. 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	0.0152	23.75365	0.009865	0.03851923	44	0	0	0
2	RCFM	0.00376	21.3741	0.009231	0.03761538	37	11.133	0.00059	0.0034
3	RCFMH	0.0144	23.98866	0.010673	0.03686538	46	10.8992	0.00154	0.002765

Dari hasil analisa eksperimen pada Tabel 4.3 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 (f'_{cc}) kolom (RCFMH), regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) kolom RCFMH berbeda 3.35 % dari kolom RCH. sedangkan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) kolom RCFMH berbeda 2.68 % dari kolom RCH.

4.3. Bukti Hipotesa Hasil Analisa

Tabel 4.4. Validasi hasil analisa teoritis dan eksperimen

No	Tipe Kolom	Teoritis			eksperimen		
		f_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}	f_{cc}	ϵ'_{cc}	ϵ'_{cu}
1	RCH	26.302	0.00613	0.03358	23.75365	0.00987	0.03852
2	RCFM	23.207	0.00358	0.02628	21.3741	0.00923	0.03762
3	RCFMH	26.010	0.00526	0.03605	23.98866	0.01067	0.03687

Berdasarkan hasil analisa teoritis dan analisa eksperimen pada Tabel 4.4 di atas, terlihat bahwa :

1. Kolom RCFM hasil analisa eksperimen terhadap analisa teoritis untuk kuat tekan (f'_{cc}) berbeda sebesar 6,7 %, regangan beton terkekang (ϵ'_{cc}) berbeda sebesar 61,17 % dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda sebesar 30,13 %.
2. Kolom RCH hasil analisa eksperimen terhadap analisa teoritis untuk kuat tekan (f'_{cc}) berbeda sebesar 9,32 % , regangan beton terkekang (ϵ'_{cc})

berbeda sebesar 37,84% dan regangan beton ultimit (ε'_{cu}) berbeda sebesar 12,83 %.

3. Kolom RCFMH hasil analisa eksperimen terhadap analisa teoritis untuk kuat tekan (f'_{cc}) berbeda sebesar 8,02 % , regangan beton terkekang (ε'_{cc}) berbeda sebesar 50,74 % dan regangan beton ultimit (ε'_{cu}) berbeda sebesar 2,21 %.
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 (f'_{cc}) mengalami sedikit penurunan tapi penurunan kuat tekan beton tersebut tidak terlalu mempengaruhi kekuatan kolom karena kekuatan kolom diawali oleh tulangan bukan oleh beton. Regangan beton terkekang (ε'_{cc}) mempunyai nilai yang relatif sama, tapi nilai regangan beton ultimit (ε'_{cu}) peningkatan yang cukup besar bila dibandingkan dengan analisis teoritis. sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen mempunyai daktilitas yang baik dan fine mesh cukup aman digunakan sebagai pengekang kolom beton.
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 5

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian yang terbatas ini memberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Fine mesh* cukup efektif untuk meningkatkan daktilitas beton bila digunakan sebagai tulangan pengekuat pada kolom beton.
2. Kolom beton dengan pengekuat *tulangan* sengkang yang diberi lapisan *fine mesh (RCFMH)* mempunyai efektifitas pengekuat yang hampir sama bila dibandingkan dengan kolom beton yang dikekuat *tulangan sengkang (RCH)* walau ρ_s nya sedikit berbeda, yang mana kuat tekan (f'_c) berbeda 7.42%, regangan beton terkekuat (ϵ'_{cu}) berbeda 16.64 % dan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) berbeda 6,58 (lihat Tabel 4.3).
3. Model kurva tegangan-regangan beton hasil analisa eksperimental dan analisa teoritis usulan Mander, dkk. relatif berbentuk hampir sama, bahkan semua sample menunjukkan regangan beton ultimit (ϵ'_{cu}) hasil eksperimental pengekuat *fine mesh* memiliki nilai regangan yang lebih besar dari analisa teoritis, sehingga rumus hubungan tegangan-regangan beton bertulang (f'_c & ϵ'_{cu}) yang diusulkan oleh Mander, dkk. aman digunakan pada kolom beton yang terkekuat *fine mesh*.

5.2. Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

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, Cristchurch, 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 dolenkapi 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 1

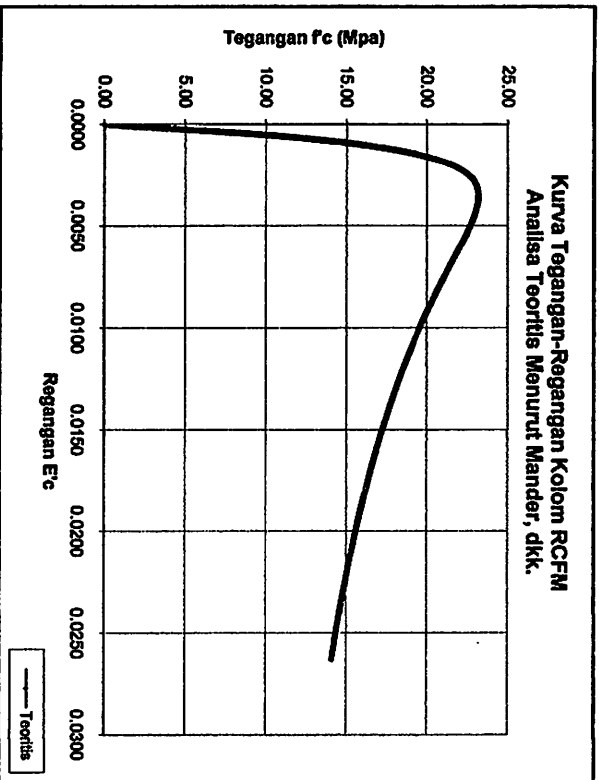
- 1. Tabel dan Grafik Analisa Teoritis Hubungan Tegangan-Regangan Kolom , RCFM, RCH, RCFMH**

LAMPIRAN L1.2

Tabel dan Grafik Analisa Teoritis Hubungan Tegangan-Regangan Kolom RCFM, RCH, RCFMH

1) Analisa Teoritis Kolom Beton dikembang FINE Mesh (RCFM) menurut Mander, dkk

ϵ_{co} =	0,002	<i>Keterangan Kolom:</i>
ϵ_{sc} =	0,003552	Kolom 1 = Nomor urut
E_{sc} =	6534,316 Mpa	Kolom 2 = Regangan Beton
r =	1,4057	Kolom 3 = Rasio perbandingan regangan beton
E_c =	22841,87 Mpa	Kolom 4 = Kuat tekan beton
K =	1,1552	Baris 1-9 adalah kurva naik
P_{cm} =	0,00376	Baris 9-12 adalah kurva turun
f_c =	23,207 Mpa	
γ/n =	404,4 Mpa	
ϵ_{sm} =	0,15	
ϵ_{su} =	0,017759	

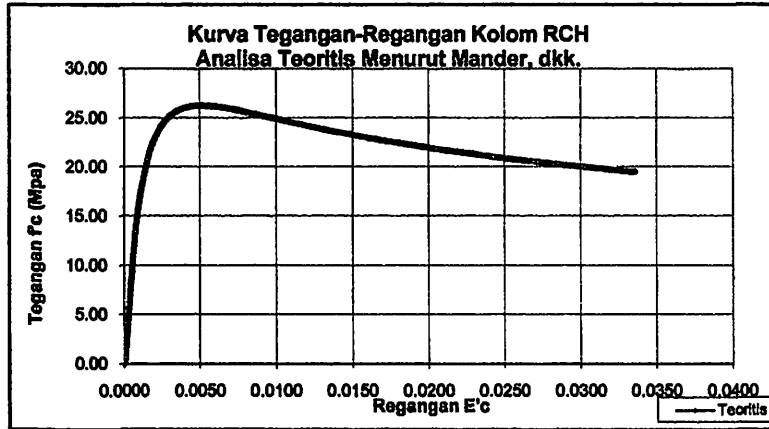


No	ϵ_c	X	F_c (Mpa)
1	0	0	0
2	0,00060	0,16818	11,259
3	0,00119	0,33636	17,645
4	0,00179	0,50454	20,888
5	0,00239	0,67272	22,428
6	0,00289	0,84089	23,062
7	0,00368	1,00907	23,207
8	0,00418	1,17725	23,086
9	0,00478	1,34543	22,821
10	0,00538	1,51361	22,480
11	0,00597	1,68179	22,101
12	0,00657	1,84997	21,708
13	0,00717	2,01815	21,313
14	0,00776	2,18633	20,925
15	0,00836	2,35450	20,547
16	0,00896	2,52268	20,182
17	0,00956	2,69086	19,832
18	0,01015	2,85904	19,486
19	0,01075	3,02722	19,175
20	0,01135	3,19540	18,867
21	0,01195	3,36358	18,574
22	0,01254	3,53176	18,293
23	0,01314	3,69994	18,025
24	0,01374	3,86811	17,768
25	0,01434	4,03629	17,522
26	0,01493	4,20447	17,286
27	0,01553	4,37265	17,060
28	0,01613	4,54083	16,843
29	0,01672	4,70901	16,634
30	0,01732	4,87719	16,434
31	0,01792	5,04537	16,241
32	0,01852	5,21355	16,056
33	0,01911	5,38172	15,877
34	0,01971	5,54990	15,704
35	0,02031	5,71808	15,537
36	0,02091	5,88626	15,377
37	0,02150	6,05444	15,221
38	0,02210	6,22262	15,071
39	0,02270	6,39080	14,925

41	0.02389	6.72716	14.647
42	0.02449	6.89533	14.515
43	0.02509	7.08351	14.386
44	0.02568	7.23169	14.261
45	0.02628	7.39987	14.140

2) **Analisa Teoritis Kolom Beton dikayang Tulangan Sengkang(RCH) menurut Mander, dkk.**

ϵ_{co} =	0.002	<i>Keterangan Kolom:</i>
ϵ_{cc} =	0.005097	Kolom 1 = Nomor urut
Esec =	5162.393 MPa	Kolom 2 = Regangan Beton
r =	1.272478	Kolom 3 = Rasio perbandingan regangan beton
Ec =	24108.45 MPa	Kolom 4 = Kuat tekan beton
K =	1.3097	Baris 1-9 adalah kurva naik
ρ_{sh} =	0.0151	Baris 9-12 adalah kurva turun
fc =	26.311 MPa	
fyh =	200.98 MPa	
ϵ_{sm} =	0.15	
ϵ_{cu} =	0.028222	

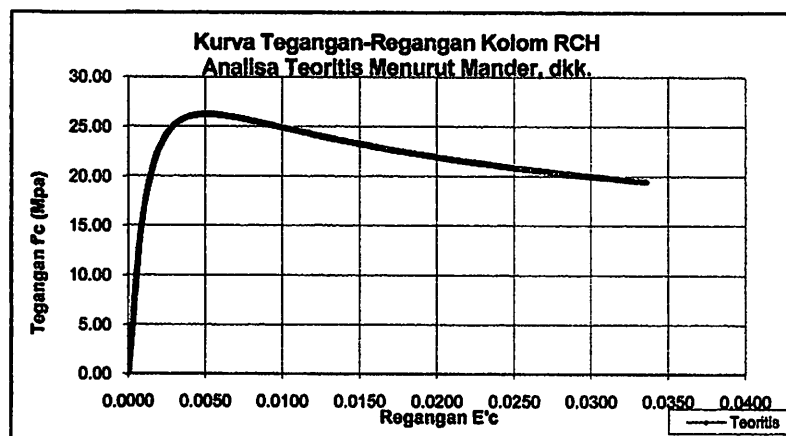


No	ϵ_c	X	Fc (Mpa)
1	2	3	4
1	0	0	0
2	0.00077	0.15039	13.901
3	0.00153	0.30078	20.581
4	0.00230	0.45117	23.762
5	0.00307	0.60156	25.295
6	0.00383	0.75195	26.002
7	0.00460	0.90234	26.273
8	0.00537	1.05273	26.302
9	0.00613	1.20312	26.195
10	0.00690	1.35351	26.009
11	0.00767	1.50390	25.778
12	0.00826	1.62110	25.582
13	0.00903	1.77149	25.318
14	0.00963	1.88868	25.108
15	0.01039	2.03907	24.839
16	0.01099	2.15626	24.631
17	0.01176	2.30665	24.369
18	0.01235	2.42385	24.169
19	0.01312	2.57424	23.919
20	0.01372	2.69143	23.730
21	0.01448	2.84182	23.494
22	0.01508	2.95901	23.315
23	0.01585	3.10940	23.093
24	0.01645	3.22660	22.925
25	0.01721	3.37699	22.716
26	0.01781	3.49418	22.558
27	0.01858	3.64457	22.362
28	0.01917	3.76176	22.214

30	0.02054	4.02935	21.890
31	0.02130	4.17974	21.716
32	0.02190	4.29693	21.585
33	0.02267	4.44732	21.421
34	0.02326	4.56451	21.297
35	0.02403	4.71490	21.142
36	0.02463	4.83210	21.024
37	0.02539	4.98249	20.878
38	0.02599	5.09968	20.767
39	0.02676	5.25007	20.628
40	0.02736	5.36726	20.522
41	0.02812	5.51765	20.390
42	0.02872	5.63485	20.290
43	0.02949	5.78524	20.164
44	0.03008	5.90243	20.069
45	0.03085	6.05282	19.949
46	0.03145	6.17001	19.858
47	0.03221	6.32040	19.743
48	0.03281	6.43759	19.656
49	0.03358	6.58799	19.547

2) **Analisa Teoritis Kolom Beton dikelang Tulangan Sengkan(RCH) menurut Mander, dkk.**

ϵ_{co} =	0.002	<i>Keterangan Kolom :</i>
ϵ_{cc} =	0.005097	Kolom 1 = Nomor urut
E_{sec} =	5162.393 MPa	Kolom 2 = Regangan Beton
r =	1.272478	Kolom 3 = Rasio perbandingan regangan beton
E_c =	24108.45 MPa	Kolom 4 = Kuat tekan beton
K =	1.3097	Baris 1-9 adalah kurva naik
P_{sh} =	0.0151	Baris 9-12 adalah kurva turun
f_c =	26.311 MPa	
f_{yh} =	200.98 MPa	
ϵ_{sm} =	0.15	
ϵ_{cu} =	0.028222	



No	ϵ_c	X	f_c (Mpa)
1	2	3	4
1	0	0	0
2	0.00077	0.15039	13.901
3	0.00153	0.30078	20.581
4	0.00230	0.45117	23.762
5	0.00307	0.60156	25.295
6	0.00383	0.75195	26.002
7	0.00460	0.90234	26.273
8	0.00537	1.05273	26.302
9	0.00613	1.20312	26.195
10	0.00690	1.35351	26.009
11	0.00767	1.50390	25.778
12	0.00826	1.62110	25.582
13	0.00903	1.77149	25.318
14	0.00963	1.88868	25.108
15	0.01039	2.03907	24.839
16	0.01099	2.15626	24.631
17	0.01176	2.30665	24.369
18	0.01235	2.42385	24.169
19	0.01312	2.57424	23.919
20	0.01372	2.69143	23.730
21	0.01448	2.84182	23.494
22	0.01508	2.95901	23.315
23	0.01585	3.10940	23.093
24	0.01645	3.22660	22.925
25	0.01721	3.37699	22.716
26	0.01781	3.49418	22.558
27	0.01858	3.64457	22.362
28	0.01917	3.76176	22.214

29	0.01994	3.91215	22.029
30	0.02054	4.02935	21.890
31	0.02130	4.17974	21.716
32	0.02190	4.29693	21.585
33	0.02267	4.44732	21.421
34	0.02326	4.56451	21.297
35	0.02403	4.71490	21.142
36	0.02463	4.83210	21.024
37	0.02539	4.98249	20.878
38	0.02599	5.09968	20.767
39	0.02676	5.25007	20.628
40	0.02736	5.36726	20.522
41	0.02812	5.51765	20.390
42	0.02872	5.63485	20.290
43	0.02949	5.78524	20.164
44	0.03008	5.90243	20.069
45	0.03085	6.05282	19.949
46	0.03145	6.17001	19.858
47	0.03221	6.32040	19.743
48	0.03281	6.43759	19.656
49	0.03358	6.58799	19.547

LAMPIRAN 2

- 1. Perancangan campuran beton**
- 2. data hasil uji tarik baja tulangan polos (BJTP)
diameter $\varnothing = 6$ mm dan $\varnothing = 8$ mm**
- 3. Pengolahan data hasil uji tarik fine mesh
diameter $\varnothing = 2$ grid 50 x 50 mm**

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)	$f_{cr} = f_c + 1,34 \times s$
		SNI Ps.7.3.2.1 (Prs.2)	$f_{cr} = 20 + 1,34 \times 4 = 25.36 \text{ N/mm}^2$
			$f_{cr} = f_c + 2,33 \times s - 3,5$
			$f_{cr} = 20 + 2,33 \times 4 - 3,5 = 25.82 \text{ N/mm}^2$
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	$184/1000 = 0,184 \text{ m}^3$
28	Volume Semen	(23) / (15)	$306.66/3150 = 0,097 \text{ m}^3$
29	Volume Agregat Kasar	(21) / (17)	$953.6/2600 = 0,36 \text{ m}^3$
30	Volume Udara	(13)	$2\% \times 1 = 0,020 \text{ m}^3$
31	Total Volume padat	(27) + (28) + (29) + (30)	0,661 m ³
32	Volume padat dari pasir	1 - (31)	$1 - 0,661 = 0,339 \text{ m}^3$
33	Berat Agregat halus gradient	(32) x (16)	$0,339 \times 2730 = 925.47 \text{ kg}$
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

LAMPIRAN 3

- 1. Analisa eksperimental silinder beton**
- 2. Analisa eksperimental kolom beton terkekang fine mesh (RCFM)**
- 3. Analisa eksperimental kolom beton terkekang tulangan spiral (RCH)**
- 4. Analisa eksperimental kolom beton terkekang tulangan sengkang yang dibungkus fine mesh (RCFMH)**

LAMPIRAN 3
ANALISA EKPERIMENTAL SLINDER BETON

No	BERAT	DIAMETER	LUAS	BEBAN	f_c
	KG	mm	mm ²	KN	(Mpa)
1	12.68	150	18274.14	380	20.79441
2	12.83	150	18274.14	340	18.60553
3	12.38	150	18274.14	330	18.05831
4	12.35	150	18274.14	320	17.51108
5	12.82	150	18274.14	330	18.05831
6	12.52	150	18274.14	340	18.60553
7	12.52	150	18274.14	340	18.60553
8	12.42	150	18274.14	350	19.15275
9	12.71	150	18274.14	380	20.79441
10	12.57	150	18274.14	360	19.69997
11	12.75	150	18274.14	380	20.79441
12	12.7	150	18274.14	360	19.69997
13	12.86	150	18274.14	340	18.60553
14	13.09	150	18274.14	400	21.88885
15	12.88	150	18274.14	380	20.79441
16	13.27	150	18274.14	400	21.88885
17	12.83	150	18274.14	380	20.79441
18	13.07	150	18274.14	440	24.07774
19	12.97	150	18274.14	430	23.53052
20	12.81	150	18274.14	360	19.69997
f_c (Mpa)					20.08302

ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON TERKEKANG FINE MESH (RCFM)

Es = 200000 MPa
 Ec = 21066.28 Mpa
 n = 9.49

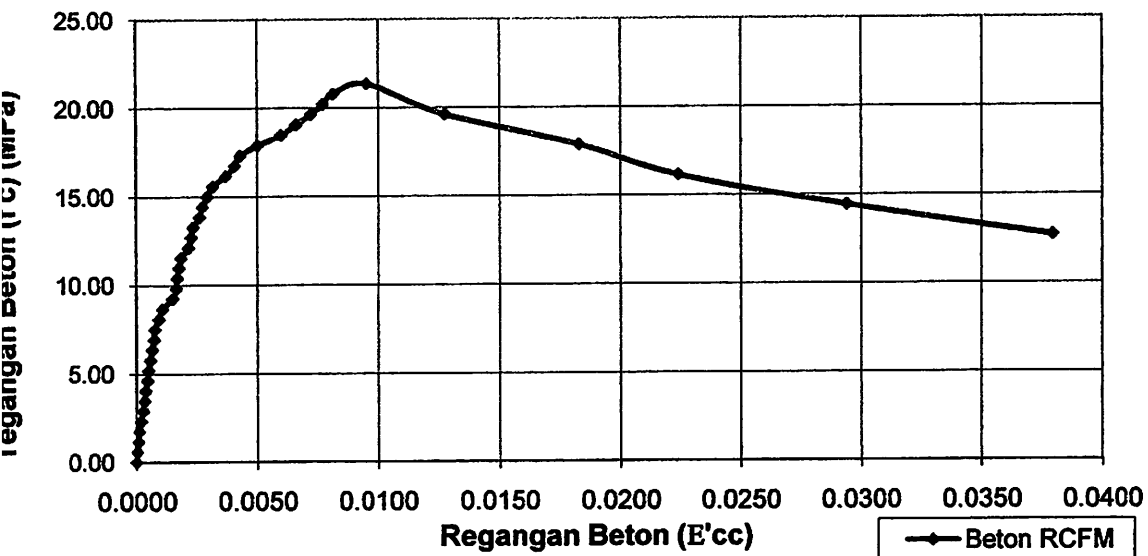
P (ton)	LVDT1 (mm)	LVDT2 (mm)	L (mm)	Ag - A _{sfm} (mm ²)	A _{sfm} (mm ²)	A _{total} (mm ²)	A FM (mm ²)	f _c (MPa)	ε _{c1}	ε _{c2}	ε _{c2} Rata2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0.00000	0.00000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
1	0.01000	0.01000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	0.578	0.00004	0.00004	0.00004
2	0.02000	0.02000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	1.155	0.00008	0.00008	0.00008
3	0.03000	0.03000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	1.733	0.00012	0.00012	0.00012
4	0.05000	0.05000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	2.311	0.00019	0.00019	0.00019
5	0.07000	0.07000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	2.888	0.00027	0.00027	0.00027
6	0.09000	0.09000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	3.466	0.00035	0.00035	0.00035
7	0.10000	0.10000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	4.044	0.00038	0.00038	0.00038
8	0.12000	0.12000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	4.621	0.00046	0.00046	0.00046
9	0.13000	0.13000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	5.199	0.00050	0.00050	0.00050
10	0.15000	0.15000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	5.777	0.00058	0.00058	0.00058
11	0.17000	0.17000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	6.354	0.00065	0.00065	0.00065
12	0.19000	0.19000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	6.932	0.00073	0.00073	0.00073
13	0.20000	0.20000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	7.510	0.00077	0.00077	0.00077
14	0.24000	0.24000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	8.087	0.00092	0.00092	0.00092
15	0.28000	0.28000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	8.665	0.00108	0.00108	0.00108
16	0.39000	0.39000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	9.243	0.00150	0.00150	0.00150
17	0.43000	0.43000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	9.821	0.00165	0.00165	0.00165
18	0.44000	0.44000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	10.398	0.00169	0.00169	0.00169
19	0.46000	0.46000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	10.976	0.00177	0.00177	0.00177
20	0.48000	0.48000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	11.554	0.00185	0.00185	0.00185
21	0.56000	0.56000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	12.131	0.00215	0.00215	0.00215
22	0.59000	0.59000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	12.709	0.00227	0.00227	0.00227
23	0.61000	0.61000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	13.287	0.00235	0.00235	0.00235
24	0.68000	0.68000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	13.864	0.00262	0.00262	0.00262
25	0.71000	0.71000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	14.442	0.00273	0.00273	0.00273
26	0.76000	0.76000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	15.020	0.00292	0.00292	0.00292

27	0.82000	0.82000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	15.597	0.00315	0.00315	0.00315
28	0.96000	0.96000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	16.175	0.00369	0.00369	0.00369
29	1.06000	1.06000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	16.753	0.00408	0.00408	0.00408
30	1.12000	1.32000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	17.330	0.00431	0.00508	0.00469
31	1.31000	1.41000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	17.908	0.00504	0.00542	0.00523
32	1.56000	1.66000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	18.486	0.00600	0.00638	0.00619
33	1.72000	1.72000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	19.063	0.00662	0.00662	0.00662
34	1.88000	1.89000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	19.641	0.00723	0.00727	0.00725
35	2.01000	1.93000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	20.219	0.00773	0.00742	0.00758
36	2.12000	2.04000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	20.796	0.00815	0.00785	0.00800
37	2.48000	2.32000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	21.374	0.00954	0.00892	0.00923
34	3.32000	3.12000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	19.641	0.01277	0.01200	0.01238
31	4.76000	4.66000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	17.908	0.01831	0.01792	0.01812
28	5.83000	5.83000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	16.175	0.02242	0.02242	0.02242
25	7.65000	7.75000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	14.442	0.02942	0.02981	0.02962
22	9.87000	9.69000	260	16852	459.019	17310.67	2.54469	12.709	0.03796	0.03727	0.03762

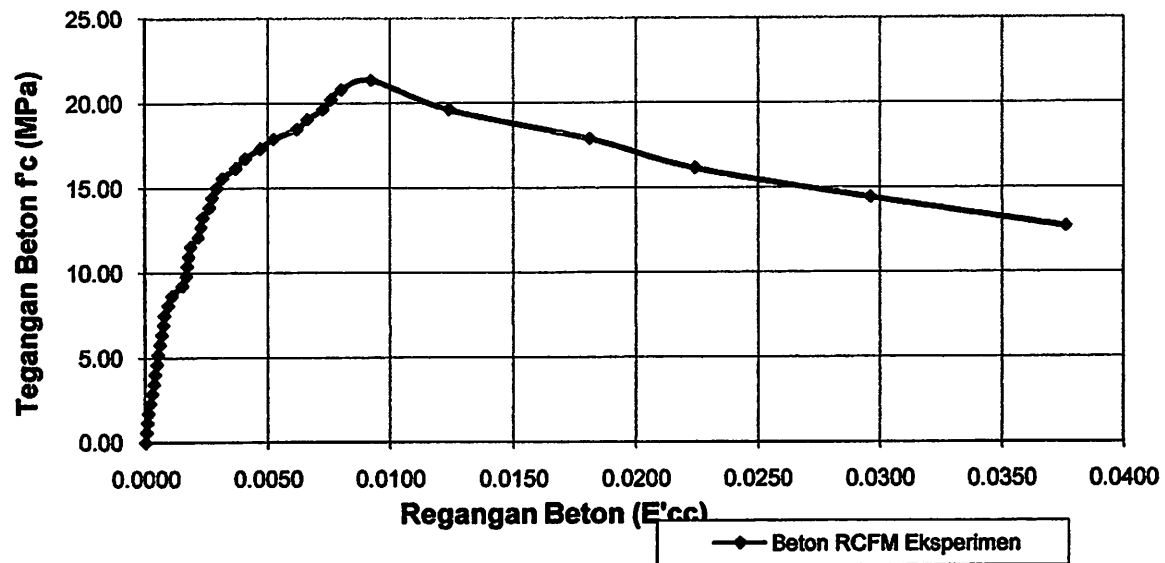
Keterangan Kolom :

- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada LVDT 1
- 3 = Displacement pada LVDT 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan beton
- 5 = Luas penampang kolom
- 6 = Luas penampang fine mesh longitudinal
- 7 = Luas penampang total
- 8 = Luas penampang fine mesh
- 9 = Kuat Tekan Beton
- 10 = Regangan beton pada LVDT 1
- 11 = Regangan beton pada LVDT 2
- 12 = Regangan beton rata-rata

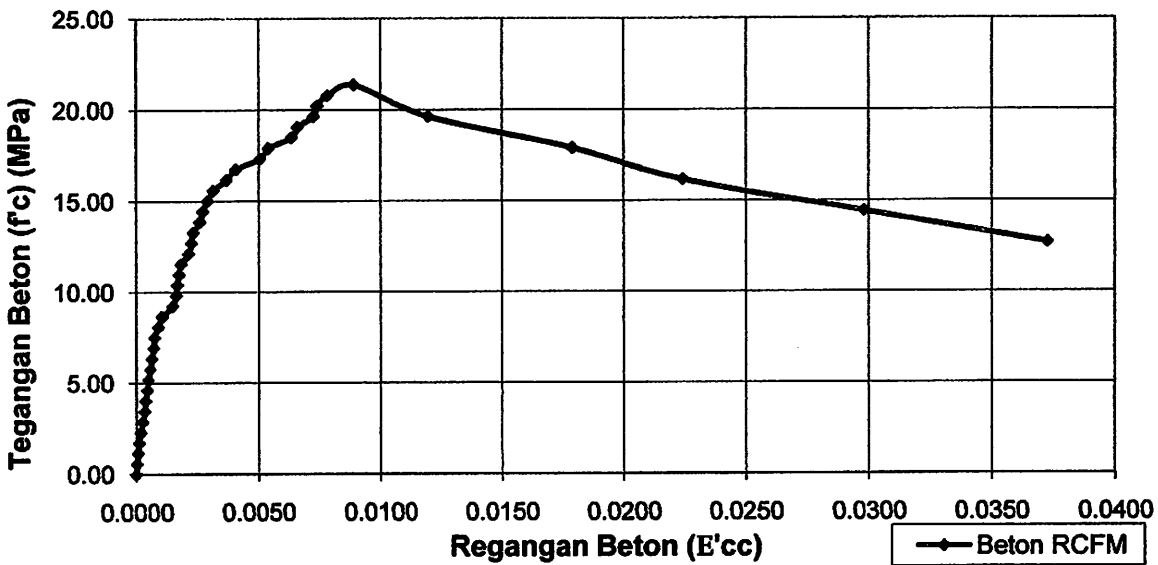
Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFM LVDT 1



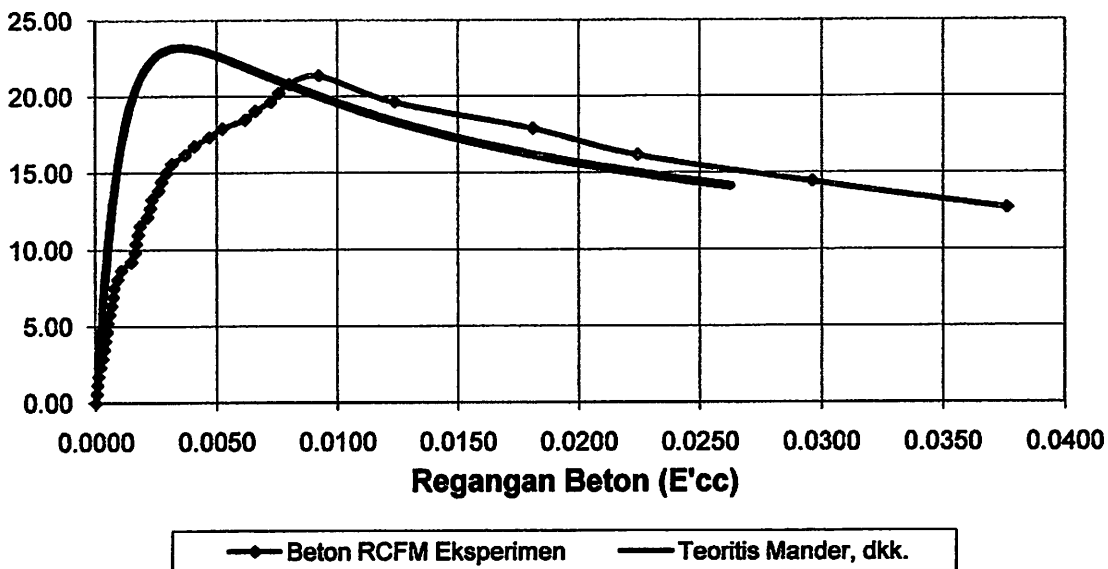
**Kurva Tegangan-Regangan Kolom RCFM (Rata-rata)
Analisa Eksperimen**



Tegangan-Regangan Beton Kolom RCFM LVDT 2



Kurva Tegangan-Regangan Kolom RCFM Analisis Teoritis dan Eksperimen



ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON TERKEKANG TULANGAN SENGGKANG (RCH)

Es = 200000 Mpa

Ec = 21066.28 Mpa

n = 9.49

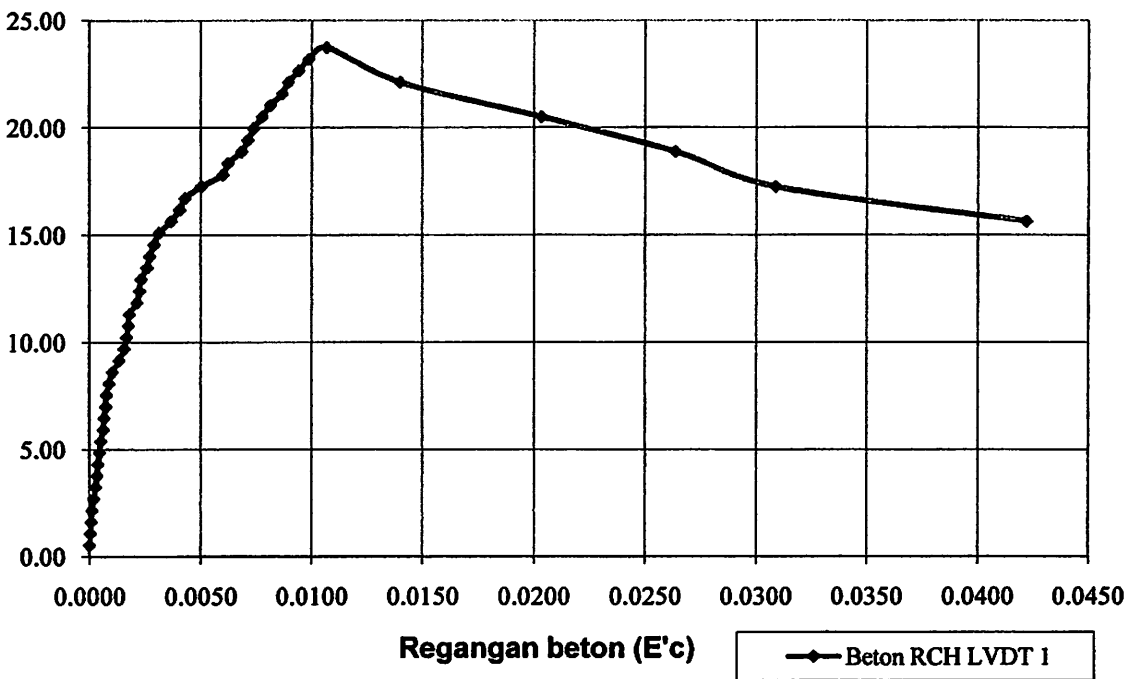
P (ton)	LVDT1 (mm)	LVDT2 (mm)	L (mm)	A _g - A _s (mm ²)	A _s .n (mm ²)	A _{total} (mm ²)	A _{senggang} (mm ²)	f _c Mpa	ε _{c1}	ε _{c2}	sc2 rata-rata
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.00000	0.00000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	0.540	0.00000	0.00000	0
2	0.01000	0.01000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	1.080	0.00004	0.00004	3.85E-05
3	0.02000	0.02000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	1.620	0.00008	0.00008	7.69E-05
4	0.03000	0.02000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	2.159	0.00012	0.00008	9.62E-05
5	0.05000	0.04000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	2.699	0.00019	0.00015	0.000173
6	0.07000	0.06000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	3.239	0.00027	0.00023	0.00025
7	0.09000	0.08000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	3.779	0.00035	0.00031	0.000327
8	0.10000	0.10000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	4.319	0.00038	0.00038	0.000385
9	0.12000	0.11000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	4.859	0.00046	0.00042	0.000442
10	0.13000	0.13000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	5.399	0.00050	0.00050	0.0005
11	0.16000	0.15000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	5.938	0.00062	0.00058	0.000596
12	0.17000	0.17000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	6.478	0.00065	0.00065	0.000654
13	0.19000	0.19000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	7.018	0.00073	0.00073	0.000731
14	0.20000	0.21000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	7.558	0.00077	0.00081	0.000788
15	0.23000	0.24000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	8.098	0.00088	0.00092	0.000904
16	0.27000	0.28000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	8.638	0.00104	0.00108	0.001058
17	0.35000	0.39000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	9.178	0.00135	0.00150	0.001423
18	0.41000	0.43000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	9.717	0.00158	0.00165	0.001615
19	0.44000	0.44000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	10.257	0.00169	0.00169	0.001692
20	0.46000	0.46000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	10.797	0.00177	0.00177	0.001769
21	0.47000	0.48000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	11.337	0.00181	0.00185	0.001827
22	0.56000	0.56000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	11.877	0.00215	0.00215	0.002154
23	0.59000	0.59000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	12.417	0.00227	0.00227	0.002269
24	0.61000	0.64000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	12.957	0.00235	0.00246	0.002404
25	0.68000	0.68000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	13.496	0.00262	0.00262	0.002615
26	0.71000	0.72000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	14.036	0.00273	0.00277	0.00275
27	0.76000	0.76000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	14.576	0.00292	0.00292	0.002923

29	0.96000	0.94000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	15.656	0.00369	0.00362	0.003654
30	1.06000	1.06000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	16.196	0.00408	0.00408	0.004077
31	1.12000	1.11000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	16.736	0.00431	0.00427	0.004288
32	1.31000	1.34000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	17.275	0.00504	0.00515	0.005096
33	1.56000	1.58000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	17.815	0.00600	0.00608	0.006038
34	1.62000	1.64000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	18.355	0.00623	0.00631	0.006269
35	1.78000	1.78000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	18.895	0.00685	0.00685	0.006846
36	1.85000	1.82000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	19.435	0.00712	0.00700	0.007058
37	1.92000	1.89000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	19.975	0.00738	0.00727	0.007327
38	2.02000	2.05000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	20.515	0.00777	0.00788	0.007827
39	2.12000	2.14000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	21.054	0.00815	0.00823	0.008192
40	2.26000	2.24000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	21.594	0.00869	0.00862	0.008654
41	2.33000	2.35000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	22.134	0.00896	0.00904	0.009
42	2.45000	2.43000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	22.674	0.00942	0.00935	0.009385
43	2.57000	2.56000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	23.214	0.00988	0.00985	0.009865
44	2.78000	2.76000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	23.754	0.01069	0.01062	0.010654
41	3.64000	3.67000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	22.134	0.01400	0.01412	0.014058
38	5.29000	5.27000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	20.515	0.02035	0.02027	0.020308
35	6.86000	6.84000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	18.895	0.02638	0.02631	0.026346
32	8.03000	7.89000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	17.275	0.03088	0.03035	0.030615
29	10.98000	9.05000	260	16708.87	1814.601	18523.47	26.42079	15.656	0.04223	0.03481	0.038519

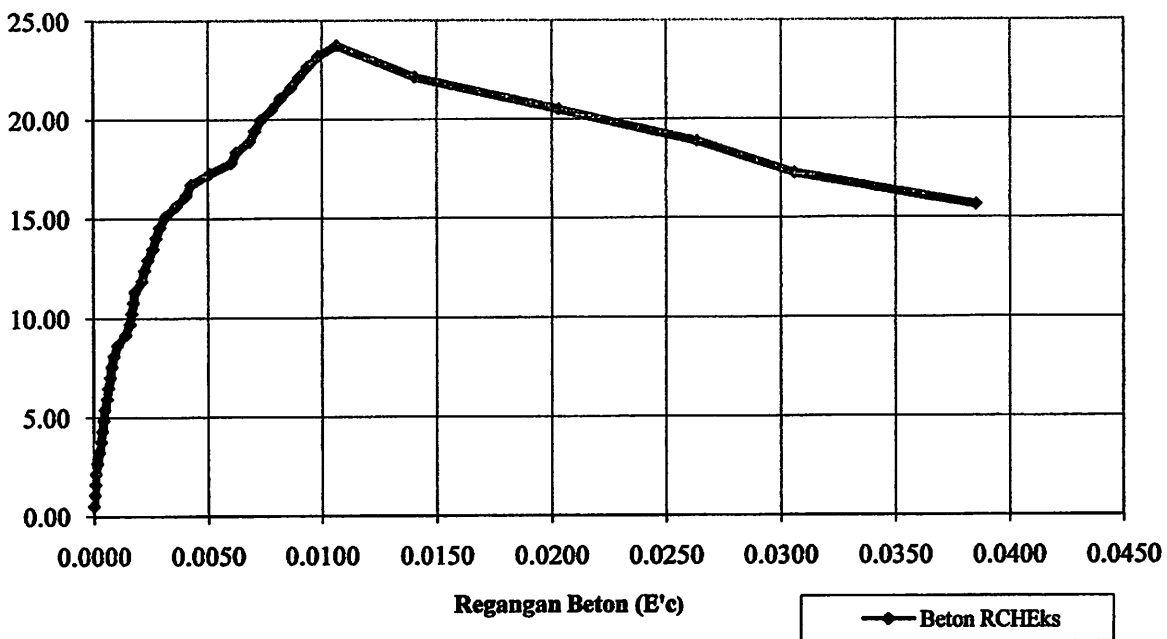
Keterangan Kolom :

- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada LVDT 1
- 3 = Displacement pada LVDT 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan beton
- 5 = Luas penampang kolom
- 6 = Luas penampang fine mesh
- 6 = Luas penampang fine mesh longitudinal
- 7 = Luas penampang total
- 8 = Luas penampang fine mesh
- 9 = Kuat Tekan Beton
- 10 = Regangan beton pada LVDT 1
- 11 = Regangan beton pada LVDT 2
- 12 = Regangan beton rata-rata

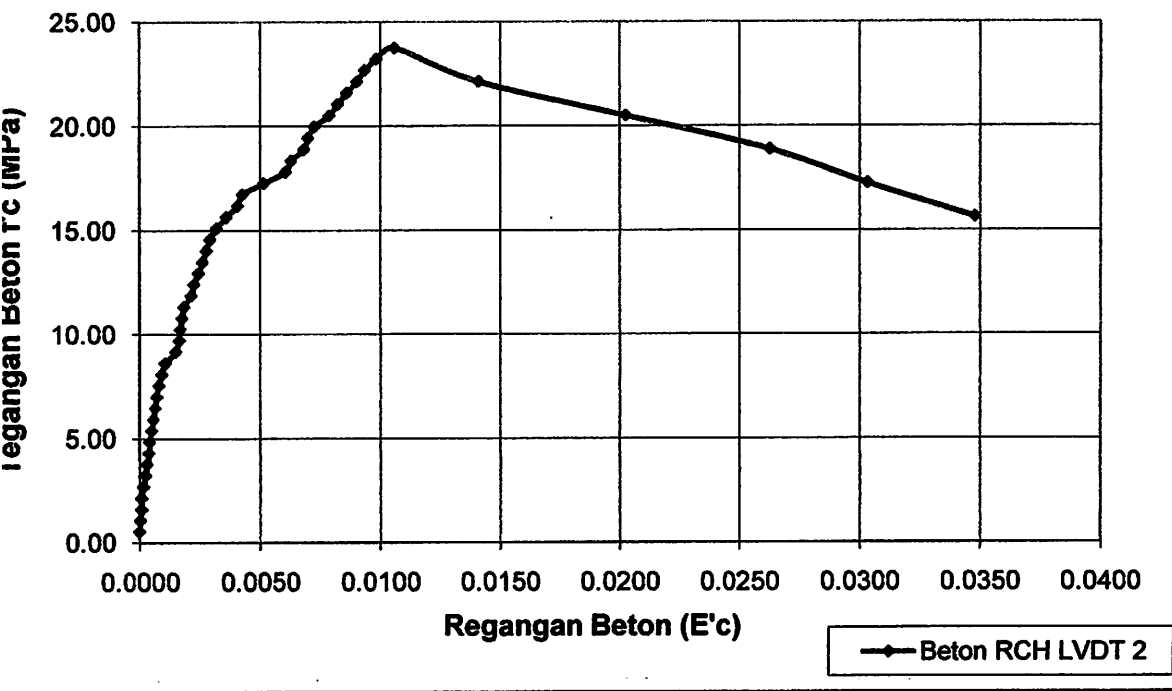
KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCH LVDT 1



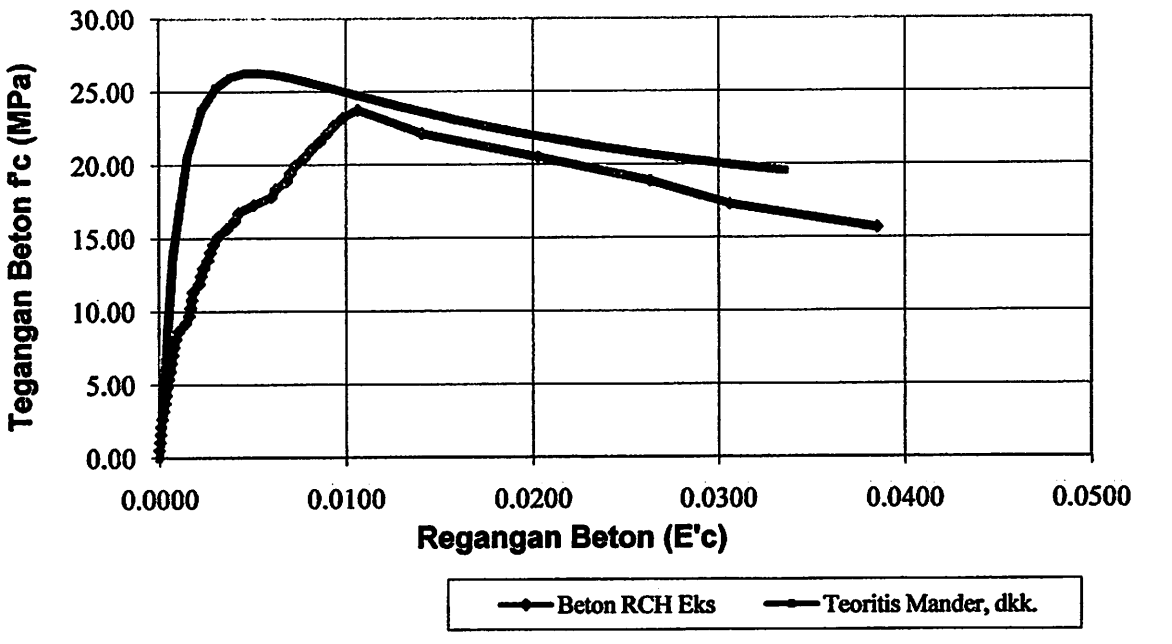
Kurva Tegangan Regangan Kolom RCH Eksperimen (Rata-rata)



KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON KOLOM RCH LVDT2



Kurva Tegangan Regangan Beton Kolom RCH Analisis Teoritis dan Eksperimen



ANALISA EKSPERIMENTAL KOLOM BETON TERKÉKANG TULANGAN SENGGKANG YANG DIBUNGKUS FINE MESH (RCHFM)

$E_s = 200000 \text{ Mpa}$
 $E_c = 21066.28 \text{ Mpa}$
 $n = 9.49$

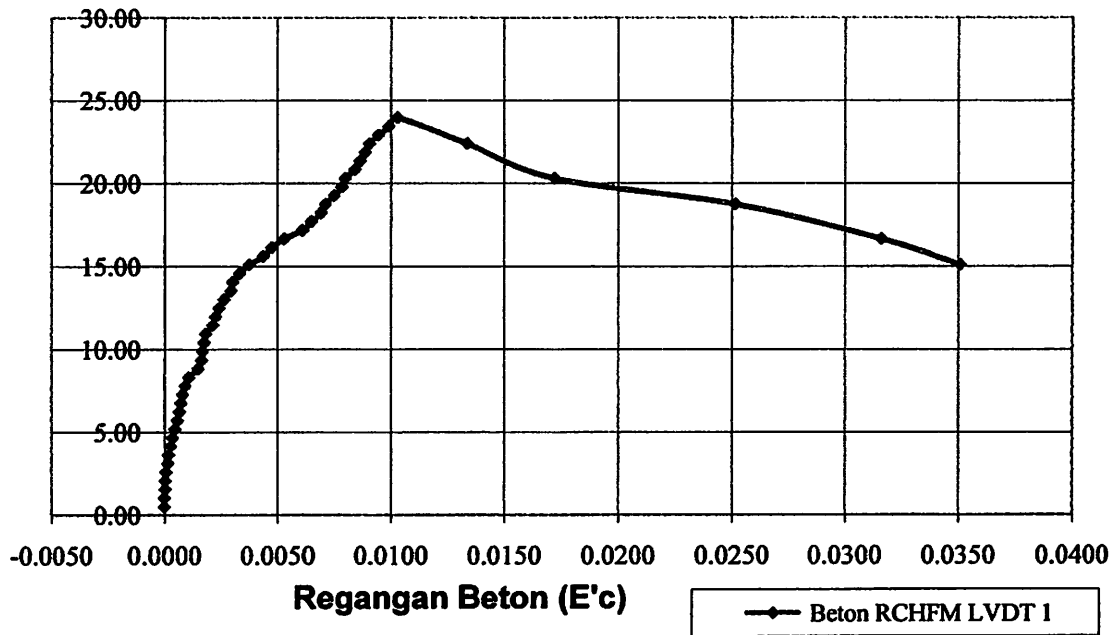
P (ton)	LVDT1 (mm)	LVDT2 (mm)	L (mm)	$A_g - A_s - A_{sfm}$ (mm ²)	A_s (mm ²)	A_{sfm} (mm ²)	A_{total} (mm ²)	$A_{sengakang}$ (mm ²)	A FM (mm ²)	f_c (Mpa)	sc1	sc2	sc rata-rata
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0.00000	0.00000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	0.521	0.00000	0.00000	0
2	0.00000	0.00000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	1.043	0.00000	0.00000	0
3	0.01000	0.00000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	1.564	0.00004	0.00000	1.92E-05
4	0.01000	0.00000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	2.086	0.00004	0.00000	1.92E-05
5	0.02000	0.01000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	2.607	0.00008	0.00004	5.77E-05
6	0.04000	0.02000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	3.129	0.00015	0.00008	0.000115
7	0.05000	0.03000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	3.650	0.00019	0.00012	0.000154
8	0.07000	0.05000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	4.172	0.00027	0.00019	0.000231
9	0.09000	0.07000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	4.693	0.00035	0.00027	0.000308
10	0.12000	0.11000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	5.215	0.00046	0.00042	0.000442
11	0.15000	0.14000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	5.736	0.00058	0.00054	0.000558
12	0.17000	0.16000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	6.258	0.00065	0.00062	0.000635
13	0.19000	0.18000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	6.779	0.00073	0.00069	0.000712
14	0.21000	0.20000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	7.301	0.00081	0.00077	0.000788
15	0.24000	0.23000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	7.822	0.00092	0.00088	0.000904
16	0.28000	0.27000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	8.344	0.00108	0.00104	0.001058
17	0.39000	0.40000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	8.865	0.00150	0.00154	0.001519
18	0.43000	0.42000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	9.387	0.00165	0.00162	0.001635
19	0.44000	0.46000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	9.908	0.00169	0.00177	0.001731
20	0.46000	0.45000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	10.430	0.00177	0.00173	0.00175
21	0.48000	0.47000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	10.951	0.00185	0.00181	0.001827
22	0.56000	0.57000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	11.473	0.00215	0.00219	0.002173
23	0.59000	0.58000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	11.994	0.00227	0.00223	0.00225
24	0.63000	0.64000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	12.516	0.00242	0.00246	0.002442
25	0.69000	0.68000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	13.037	0.00265	0.00262	0.002635
26	0.77000	0.72000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	13.559	0.00296	0.00277	0.002865
27	0.79000	0.76000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	14.080	0.00304	0.00292	0.002981

29	0.98000	0.94000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	15.123	0.00377	0.00302	0.00302
30	1.14000	1.06000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	15.645	0.00438	0.00408	0.004231
31	1.24000	1.11000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	16.166	0.00477	0.00427	0.004519
32	1.38000	1.34000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	16.688	0.00531	0.00515	0.005231
33	1.59000	1.58000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	17.209	0.00612	0.00608	0.006096
34	1.69000	1.64000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	17.731	0.00650	0.00631	0.006404
35	1.80000	1.78000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	18.252	0.00692	0.00685	0.006885
36	1.85000	1.82000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	18.774	0.00712	0.00700	0.007058
37	1.95000	1.89000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	19.295	0.00750	0.00727	0.007385
38	2.04000	2.05000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	19.817	0.00785	0.00788	0.007865
39	2.08000	2.14000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	20.338	0.00800	0.00823	0.008115
40	2.19000	2.24000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	20.860	0.00842	0.00862	0.008519
41	2.25000	2.35000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	21.381	0.00865	0.00904	0.008846
42	2.31000	2.43000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	21.903	0.00888	0.00935	0.009115
43	2.36000	2.56000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	22.424	0.00908	0.00985	0.009462
44	2.46000	2.62000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	22.946	0.00946	0.01008	0.009769
45	2.58000	2.750000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	23.467	0.00992	0.01058	0.01025
46	2.68000	2.870000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	23.989	0.01031	0.01104	0.010673
43	3.48000	3.380000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	22.424	0.01338	0.01300	0.01319
39	4.48000	4.210000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	20.338	0.01723	0.01619	0.016712
36	6.54000	6.360000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	18.774	0.02515	0.02446	0.02481
32	8.22000	8.430000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	16.688	0.03162	0.03242	0.032019
29	9.13000	10.04000	260	16660.52	1814.601	700.6079	19175.73	26.42079	2.545	15.123	0.03512	0.03862	0.03687

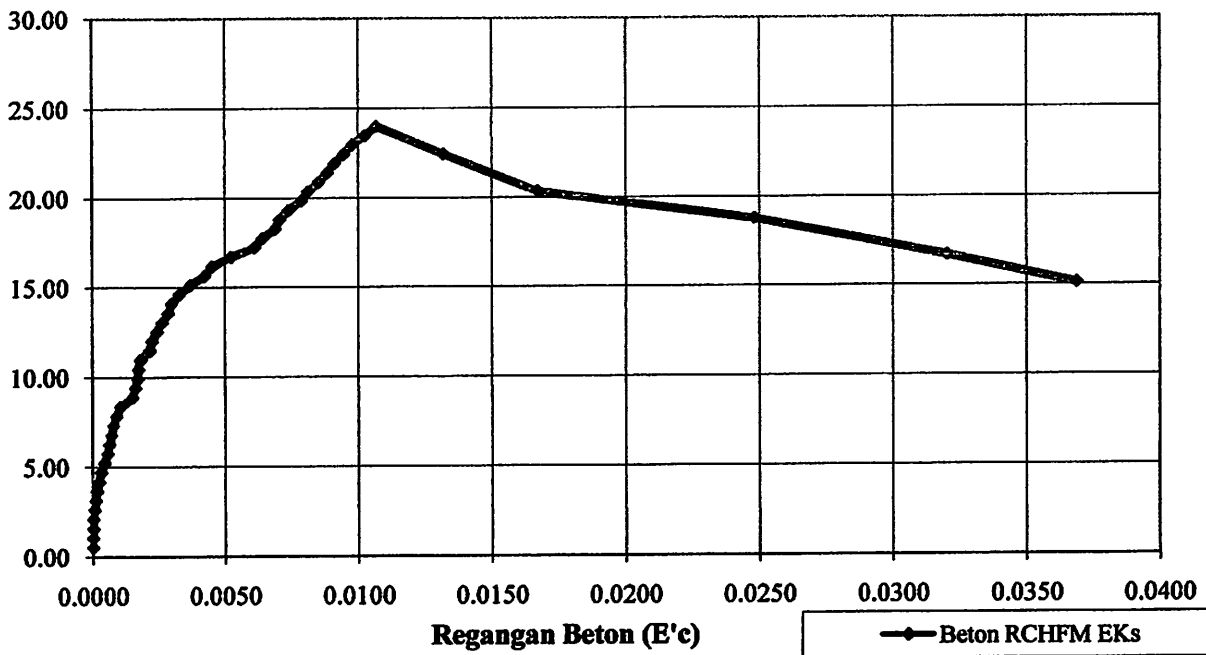
Keterangan Kolom :

- 1 = Beban Aksial
- 2 = Displacement pada LVDT 1
- 3 = Displacement pada LVDT 2
- 4 = Tinggi mula-mula untuk pengukuran regangan beton
- 5 = Luas penampang kolom
- 6 = luas penampang tulangan BJTP longitudinal
- 7 = Luas penampang fine mesh longitudinal
- 8 = Luas penampang total
- 9 = luas penampang tulangan BJTP
- 10 = Luas penampang fine mesh
- 11 = Kuat Tekan Beton
- 12 = Regangan beton pada LVDT 1
- 13 = Regangan beton pada LVDT 2
- 14 = Regangan beton rata-rata

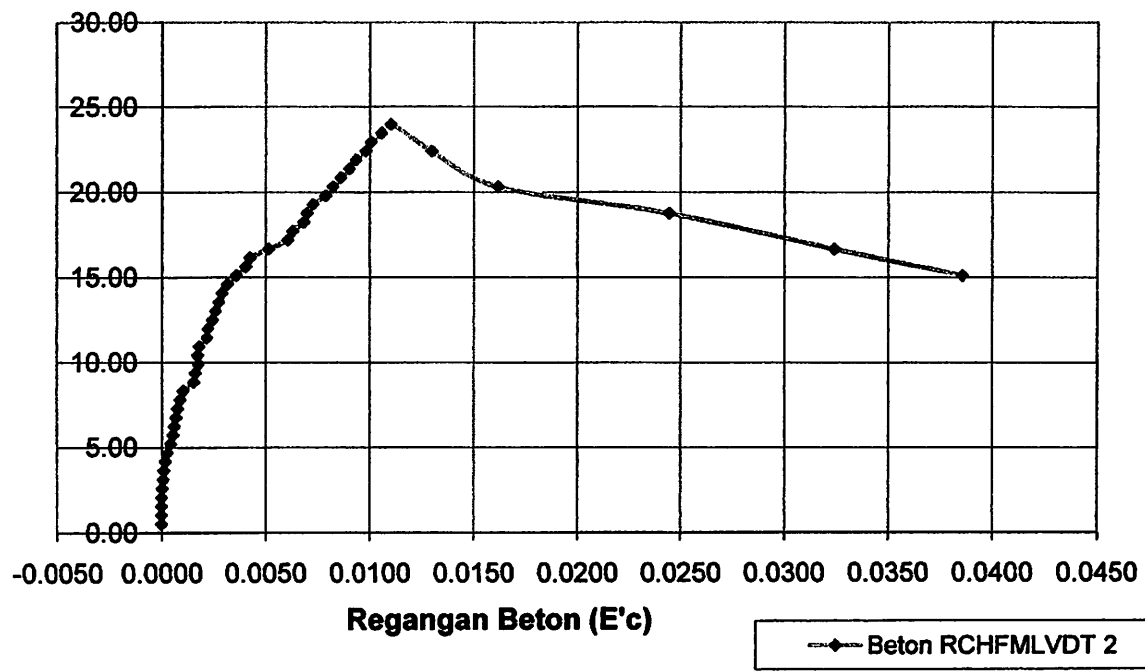
Kurva Tegangan-Regangan Beton Kolom RCHFM LVDT 1



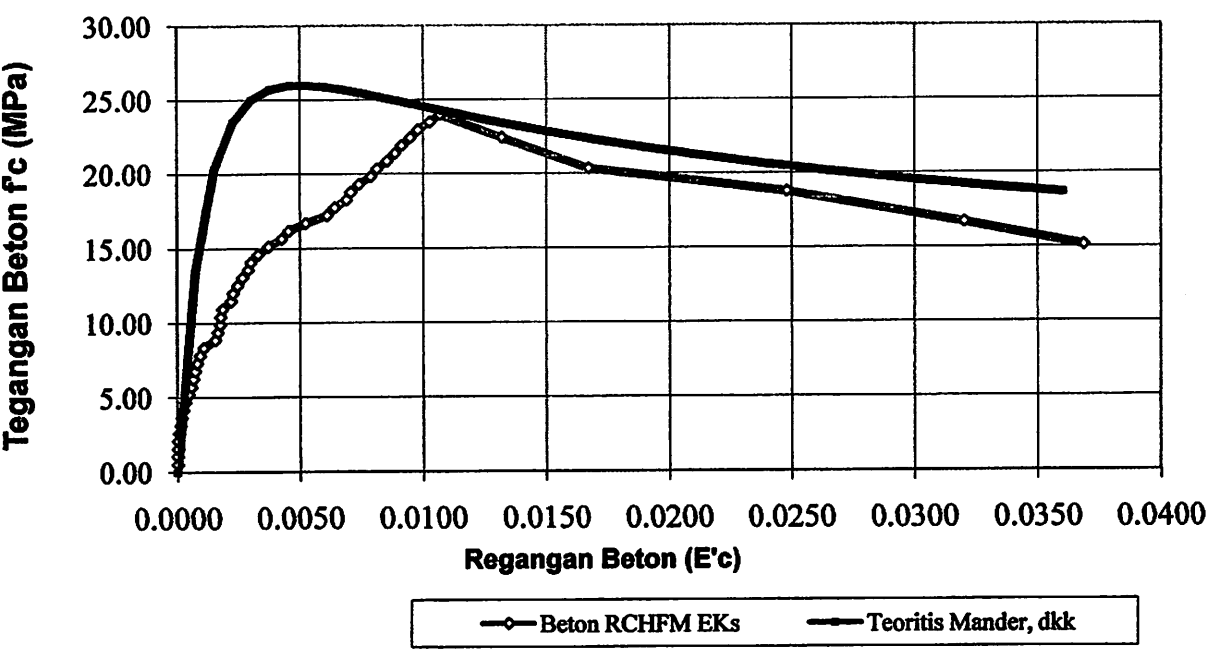
Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton RCHFM (Rata-rata)



Kurva Tegangan - Regangan Beton Kolom RCHFMLVDT2



Kurva Tegangan-Regangan Kolom Beton RCHFM Analisa Teoritis dan Eksperimen

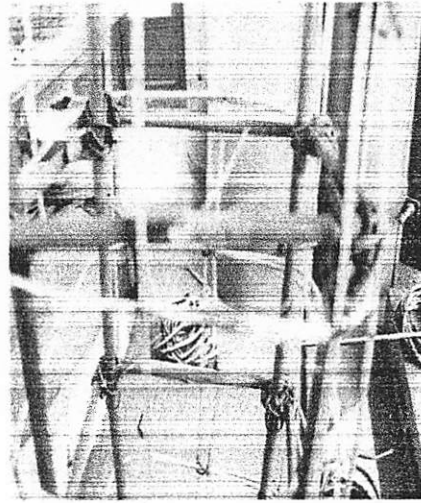


LAMPIRAN 4

- 1. Dokumentasi pelaksanaan pembuatan dan pengujian benda uji kolom**
- 2. Dokumentasi pengujian tarik baja tulangan polos BJTP dan Fine Mesh**



BENDA UJI



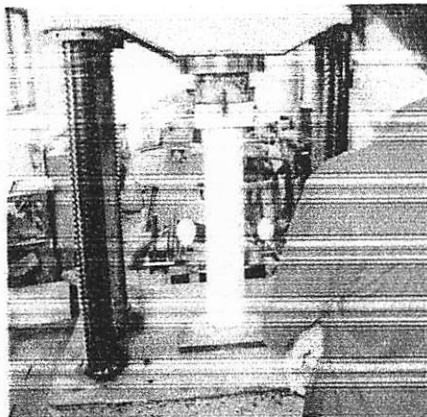
PEMASNAGAN FINE MESH



PENGUJIAN MATERIAL



PROSES PENGECORAN



PROSES PENGUJIAN

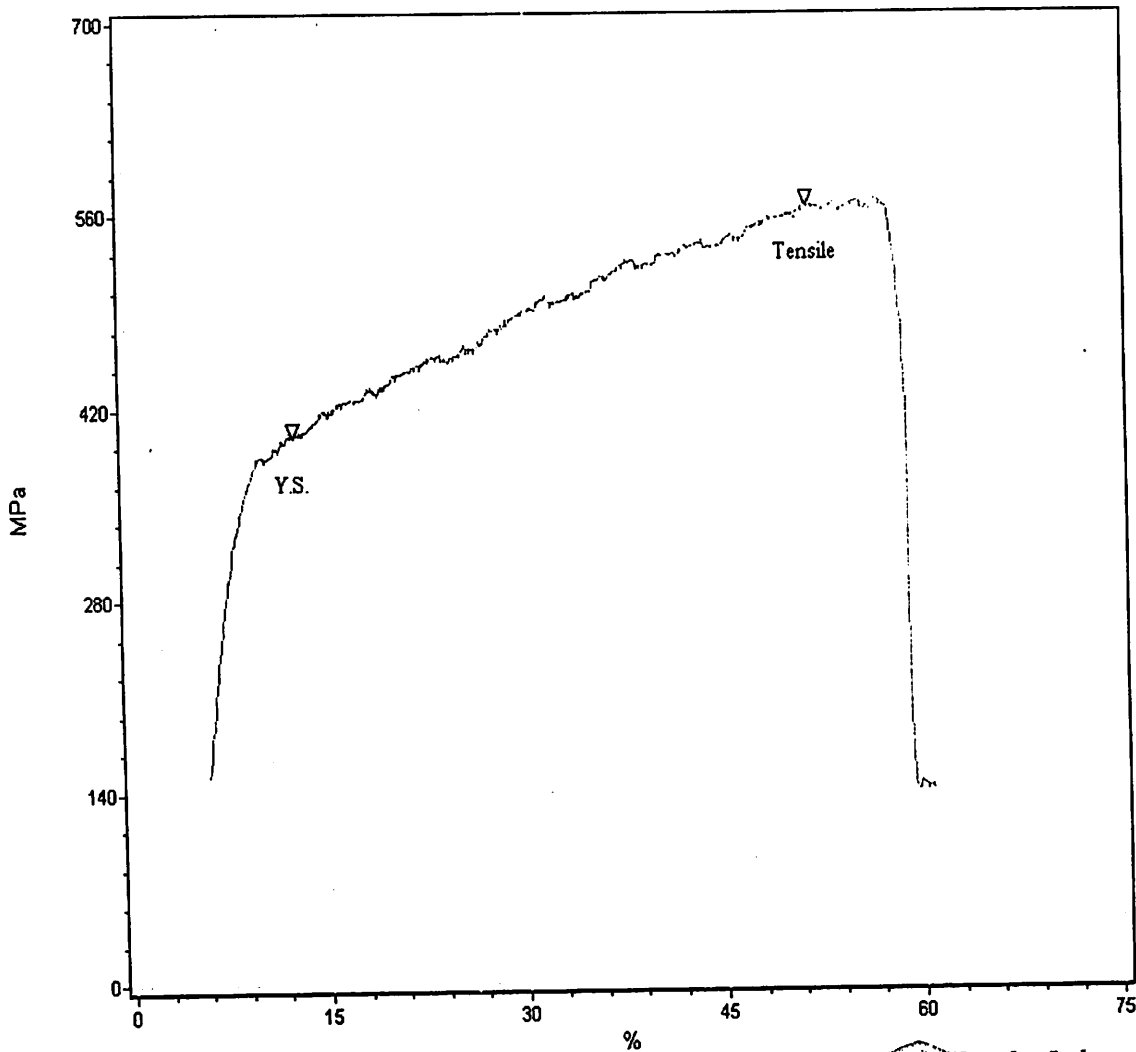
LABORATORIUM UJI MATERIAL
 JURUSAN TEKNIK MESIN - S1
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
KAMPUS II JL. KAYA KAKANGLU KM. 2 TASIK MALU - MALANG
 TELP: (0341) 417634, 417636, 417637 FAX: 0341 - 417634
 2011

TEST REPORT

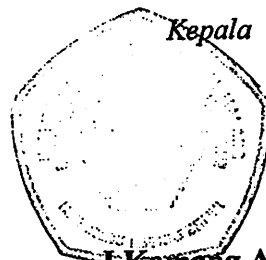
o.: 0183 Test Description : tensile Standard :ASTM 638 Test Date: 08/09/2011

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

0183-01



Kepala Laboratorium :



I Komang Astana Widi, ST.MT

NIP Y. 1030400405

PERATURAN

Tabel 4 Faktor modifikasi untuk deviasi standar jika jumlah pengujian kurang dari 30 contoh

Jumlah pengujian	Faktor modifikasi untuk deviasi standar
Kurang dari 15 contoh	Gunakan Tabel 5
15 contoh	1,16
20 contoh	1,08
25 contoh	1,03
30 contoh atau lebih	1,00
CATATAN: Interpolasi untuk jumlah pengujian yang berada di antara nilai-nilai di atas	

$$f'_{cr} = f'_c + 1,34s \quad (1)$$

atau

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33s - 3,5 \quad (2)$$

(2) Bila fasilitas produksi beton tidak mempunyai catatan hasil uji lapangan untuk perhitungan deviasi standar yang memenuhi ketentuan pada 7.3(1(1)) atau 7.3(1(2)), maka kuat rata-rata perlu f'_{cr} harus ditetapkan berdasarkan Tabel 5 dan pencatatan data kuat rata-rata harus sesuai dengan persyaratan pada 7.3(3).

Tabel 5 Kuat tekan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar

Persyaratan kuat tekan, f'_c MPa	Kuat tekan rata-rata perlu, f'_{cr} MPa
Kurang dari 21	$f'_c + 7,0$
21 sampai dengan 35	$f'_c + 8,5$
Lebih dari 35	$f'_c + 10,0$

3) Pencatatan data kuat rata-rata

Catatan proporsi campuran beton yang diusulkan untuk menghasilkan kuat tekan rata-rata yang sama atau lebih besar daripada kuat tekan rata-rata perlu (lihat 7.3(2)) harus terdiri dari satu catatan hasil uji lapangan, beberapa catatan hasil uji kuat tekan, atau hasil uji campuran percobaan.

ACI COMMITTEE REPORT

TABLE A1.5.3.3 — APPROXIMATE MIXING WATER AND AIR CONTENT REQUIREMENTS FOR DIFFERENT SLUMPS AND NOMINAL MAXIMUM SIZES OF AGGREGATES (SI)

Water, Kg/m³ 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								
5 to 50	207	199	190	179	168	154	130	113
5 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
50 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								
5 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
5 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
50 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	4.5	4.0	3.5***††	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 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, 302, 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 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 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

*These 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 as the air content is increased.

†This 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 Testing" in the Adequacy of Laboratory Mixture Proportions for Strength or the Acceptance or for Quality Control" of ASTM Method C 31 for Making and Testing of Concrete Specimens in the Field. These are cylinders cured moist at 23 ± 0.5 C for 28 days prior to testing.

‡Relationship in this Table assumes a nominal maximum aggregate size of about 75 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

1 Procedures outlined in this standard practice have been presented using inch-pound units of measurement. The tables are equally applicable in SI system with proper attention of units. This Appendix provides all of the information necessary to apply the proportioning procedure in 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
Weight	pound (lb)	kilogram (kg)	0.4536
Pressure	pounds per square inch (psi)	megapascal (MPa)	6.895 x 10 ⁻³
	pounds per cubic foot (lb/ft³)	kilograms per cubic meter (kg/m³)	16.02
Density	pounds per cubic yard (lb/yd³)	kilograms per cubic meter (kg/m³)	0.5933
	degrees Fahrenheit (F)	degrees Celsius (C)	‡

*SI 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 conversion factors for converting the former to the latter. From ASTM E 380. †Système International d'Unités ‡C = (F - 32)/1.8

2 For convenience of reference, numbering of paragraphs in this Appendix corresponds to the numbering of the report except that the designation "A1" is used. All tables have been converted and reproduced. Explanatory 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 values in the metric tables are ones commonly used in the United States. Thus, there is not always a precise mathematical correspondence between inch-pound and SI values in the conversion tables.

A1.5.3 Steps in calculating proportions -- Except as noted below, the methods for arriving at quantities of materials 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 are taken from the proper "A1" table instead of the one indicated 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:

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

where

- U_M = unit mass of fresh concrete, kg/m³
- G_a = 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

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

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

ementitious material would be $270 + 0.64 = 422$ lb. weight 20 percent ($F_w = 0.20$) would be fly ash; $20) = 84$ lb of fly ash and $422 - 84 = 338$ lb of

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

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

6.3.6 Step 6. Estimation of coarse aggregate content -- rates of essentially the same nominal maximum size dding will produce concrete of satisfactory workability given volume of coarse aggregate, on an oven-dry-basis, is used per unit volume of concrete. riate values for this aggregate volume are given in . It can be seen that, for equal workability, the of coarse aggregate in a unit volume of concrete is ent 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 Sections 6.3.1 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	0.50	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 of 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 6.1. 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/yd ³ *	
	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 A1.5.3.6 — 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	0.50	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	2350
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 5 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 be solved here using metric units of measure. Required age 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 -- specific gravity 2.68 and absorption 0.5 percent; fine aggregate -- bulk specific gravity 2.64, absorption 0.7 percent, 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 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 in 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 292 kg/m³.

A2.2.6 Step 6 -- The quantity of coarse aggregate is determined from Table A1.5.3.6. 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	1136 kg
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 opposed 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 :
0
0
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

Pekerjaan :

Permintaan :

BERAT ISI AGREGAT KASAR BATU PECAH

LEPAS / GEMBUR		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
0
Permintaan :

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	498.50	497.90	498.20
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500.00	500.00	500.00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	666.00	677.00	671.50
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	982.60	994.00	988.30
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	2.72	2.72	2.72
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$	2.73	2.73	2.73
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Ek}{(B + Ek - B)}$	2.74	2.75	2.75
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$	0.30	0.42	0.36



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 :

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4884	4891.1	4887.55
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	Ba	3080.5	3069	3074.75
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.54	2.53	2.54
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.60	2.59	2.60
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.71	2.68	2.70
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2.38	2.23	2.30

9.9 Sambungan

- 1) Pada pertemuan dari komponen-komponen rangka utama (misalnya pertemuan balok dan kolom), sambungan lewatan tulangan yang menerus dan pengankuran tulangan yang berakhir pada pertemuan itu harus dilindungi dengan sengkang pengikat yang baik.
- 2) Sengkang pengikat pada pertemuan tersebut di atas, dapat berupa beton eksternal atau sengkang pengikat tertutup internal, spiral atau sengkang.

9.10 Tulangan lateral pada komponen struktur tekan

- 1) Tulangan lateral pada komponen struktur tekan harus memenuhi ketentuan pada 9.10(4) dan 9.10(5), dan pada tempat dimana dibutuhkan tulangan geser atau torsi juga harus memenuhi ketentuan pasal 13.
- 2) Ketentuan untuk tulangan lateral pada komponen struktur tekan komposit harus memenuhi 12.16. Ketentuan mengenai tulangan lateral pada komponen struktur prategang harus memenuhi 20.11.
- 3) Ketentuan tulangan lateral pada 9.10, 12.16, dan 20.11 boleh tidak diikuti, jika hasil pengujian dan analisis struktur menunjukkan bahwa sistem memiliki kekuatan yang cukup dan konstruksinya dapat dilaksanakan.
- 4) Spiral.
Tulangan spiral pada komponen struktur tekan harus memenuhi 12.9(3) dan ketentuan berikut:
 - (1) Spiral harus terdiri dari batang tulangan yang menerus atau kawat dengan ukuran yang sedemikian dan dipasang dengan spasi yang sama sehingga dapat diangkat dan diletakkan tanpa menimbulkan penyimpangan dari ukuran yang telah direncanakan.
 - (2) Untuk konstruksi yang dicor di tempat, ukuran diameter batang spiral tidak boleh kurang dari 10 mm.
 - (3) Jarak bersih antar tulangan spiral tidak boleh melebihi 75 mm dan juga tidak kurang dari 25 mm.
 - (4) Penjangkaran tulangan atau kawat spiral harus disediakan dengan memberikan 1½ lilitan ekstra pada tiap ujung dari unit spiral.
 - (5) Penyambungan spiral harus dilakukan dengan menggunakan salah satu dari beberapa metode di bawah ini:

a) Sambungan lewatan yang tidak kurang dari pada nilai terbesar dari 300 mm dan panjang yang dihasilkan dari salah satu ketentuan-ketentuan berikut ini:

Batang atau kawat ulir tanpa lapisan	48d_b
Batang atau kawat polos tanpa lapisan	72d_b
Batang atau kawat ulir berlapis	72d_b
Batang atau kawat polos tanpa lapisan dengan kait standar atau kait pengikat (yang sesuai dengan ketentuan 9.1(3)) pada ujung-ujung tulangan spiral yang disambung lewatan. Kait-kait tersebut harus tertanam di dalam inti beton yang terkekang oleh tulangan spiral yang dimaksud	48d_b
Batang atau kawat ulir berlapis epoksi dengan sengkang atau sengkang ikat standar (yang sesuai 9.1(3)) pada ujung-ujung tulangan spiral yang disambung lewatan. Kait tersebut harus tertanam di dalam inti beton yang terkekang oleh tulangan spiral yang dimaksud	48d_b

b) Sambungan mekanis dan las penuh yang sesuai dengan ketentuan 14.14(3).

(6) Tulangan spiral harus menerus mulai dari tepi atas fondasi telapak atau pelat pada setiap tingkat bangunan hingga ketinggian dari tulangan horizontal terendah dari komponen struktur yang ditumpu di atasnya.

(7) Dimana balok atau konsol pendek tidak merangka pada semua sisi kolom, sengkang ikat harus menerus mulai dari atas titik pengakhiran spiral hingga batas bawah pelat atau penebalan panel.

(8) Pada kolom dengan kepala kolom, tulangan spiral harus mencapai ketinggian dimana diameter atau lebar kepala kolom adalah dua kali diameter atau lebar kolom tersebut.

(9) Spiral harus diikat dengan baik di tempatnya, dan betul-betul terletak pada posisi rencananya dengan menggunakan pengatur jarak vertikal.

(10) Untuk batang tulangan atau kawat spiral yang diameternya kurang dari 16 mm, dibutuhkan minimum dua pengatur jarak untuk diameter lingkaran spiral kurang dari 500 mm, tiga pengatur jarak untuk diameter lingkaran spiral 500 sampai 800 mm, dan empat pengatur jarak untuk diameter lingkaran spiral lebih dari 800 mm.

5) Sengkang pengikat.

Penulangan sengkang pengikat untuk komponen struktur tekan harus memenuhi ketentuan berikut (Gambar 2):

(1) Semua batang tulangan non-prategang harus diikat dengan sengkang dan sengkang ikat lateral, paling sedikit ukuran D-10 untuk tulangan longitudinal lebih kecil dari D-32, dan paling tidak D-13 untuk tulangan D-36, D-44, D-56, dan bundel tulangan longitudinal.

23.4 Komponen struktur yang menerima kombinasi lentur dan beban aksial pada SRPMK

1) Ruang lingkup

Persyaratan dalam pasal ini berlaku untuk komponen struktur pada SRPMK (a) yang memikul gaya akibat gempa, dan (b) yang menerima beban aksial terfaktor yang lebih besar daripada $A_g f'_c / 10$. Komponen struktur tersebut juga harus memenuhi syarat-syarat berikut ini:

- (1) Ukuran penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui titik pusat geometris penampang, tidak kurang dari 300 mm.
- (2) Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurusnya tidak kurang dari 0,4.

2) Kuat lentur minimum kolom

- 1) Kuat lentur setiap kolom yang dirancang untuk menerima beban aksial tekan terfaktor melebihi $A_g f'_c / 10$ harus memenuhi 23.4(2(2)) atau 23.4(2(3)).

Kekuatan dan kekakuan lateral kolom yang tidak memenuhi 23.4(2(2)) harus diabaikan dalam memperhitungkan kekuatan dan kekakuan struktur, tapi kolom tersebut harus memenuhi 23.9.

- (2) Kuat lentur kolom harus memenuhi persamaan 121

$$\Sigma M_e \geq (6/5) \Sigma M_g \quad (121)$$

ΣM_e adalah jumlah momen pada pusat hubungan balok-kolom, sehubungan dengan kuat lentur nominal kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom tersebut. Kuat lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan nilai kuat lentur yang terkecil.

ΣM_g adalah jumlah momen pada pusat hubungan balok-kolom, sehubungan dengan kuat lentur nominal balok-balok yang merangka pada hubungan balok-kolom tersebut. Pada konstruksi balok-T, dimana pelat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan pelat yang berada dalam daerah lebar efektif pelat sesuai dengan 10.10 harus diperhitungkan dalam menentukan kuat lentur nominal balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.

Kuat lentur harus dijumlahkan sedemikian hingga momen kolom berlawanan dengan momen balok. Persamaan 121 harus dipenuhi untuk kedua arah momen balok yang bekerja pada bidang rangka yang ditinjau.

(3) Jika 23.4(2(2)) tidak dipenuhi maka kolom pada hubungan balok-kolom tersebut harus direncanakan dengan memberikan tulangan transversal seperti ditentukan dalam 23.4(4(1)) sampai dengan 23.4(4(3)) yang dipasang di sepanjang tinggi kolom.

3) Tulangan memanjang

(1) Rasio penulangan ρ_g tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak boleh lebih dari 0,06.

(2) Sambungan mekanis harus sesuai 23.2(6) dan sambungan las harus sesuai 23.2(7). Sambungan lewatan hanya diizinkan di lokasi setengah panjang elemen struktur yang berada ditengah, direncanakan sebagai sambungan lewatan tarik, dan harus diikat dengan tulangan spiral atau sengkang tertutup yang direncanakan sesuai dengan 23.4(4(2)) dan 23.4(4(3)).

4) Tulangan transversal

(1) Ketentuan mengenai jumlah tulangan transversal di bawah ini harus dipenuhi kecuali bila ditentukan jumlah tulangan yang lebih besar berdasarkan 23.4(3(1)) atau 23.4(5).

a) Rasio volumetrik tulangan spiral atau sengkang cincin, ρ_s , tidak boleh kurang daripada yang ditentukan persamaan 122 berikut ini:

$$\rho_s = 0,12 f'_c / f_{yh} \quad (122)$$

dan tidak boleh kurang daripada yang ditentukan pada persamaan 27

b) Luas total penampang sengkang tertutup persegi tidak boleh kurang daripada yang ditentukan pada persamaan 123 dan 124 berikut ini:

$$A_{sh} = 0,3 (sh_c f'_c / f_{yh}) [(A_g / A_{ch}) - 1] \quad (123)$$

$$A_{sh} = 0,09 (sh_c f'_c / f_{yh}) \quad (124)$$

c) Tulangan transversal harus berupa sengkang tunggal atau tumpuk. Tulangan pengikat silang dengan diameter dan spasi yang sama dengan diameter dan spasi sengkang tertutup boleh dipergunakan. Tiap ujung tulangan pengikat silang harus terkait pada tulangan longitudinal terluar. Pengikat silang yang berurutan harus ditempatkan secara berselang-seling berdasarkan bentuk kait ujungnya. Lihat Gambar 42.

d) Bila kuat rencana pada bagian inti komponen struktur telah memenuhi ketentuan kombinasi pembebanan termasuk pengaruh gempa maka persamaan 123 dan 27 tidak perlu diperhatikan.

e) Bila tebal selimut beton di luar tulangan transversal pengekan melebihi 100 mm, tulangan transversal tambahan perlu dipasang dengan spasi tidak melebihi 300 mm. Tebal selimut di luar tulangan transversal tambahan tidak boleh melebihi 100 mm.

23.4(5). Spasi maksimum antar sengkang di sepanjang tinggi kolom adalah s_o , dimana s_o tidak boleh melebihi 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil, dan 150 mm.

(3) Komponen struktur dengan gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi melebihi $0,35P_o$ harus memenuhi ketentuan 23.9(2(2)) dan jumlah tulangan transversal yang disediakan tidak kurang daripada setengah yang disyaratkan oleh ketentuan 23.4(4(1)) dan spasinya tidak lebih daripada s_o pada seluruh bentangnya.

3) Apabila momen atau lintang akibat perpindahan rencana pada 23.9(1) melampaui kuat lentur atau geser rencana komponen struktur tersebut, atau apabila momen atau lintang akibat perpindahan rencana tidak dihitung maka ketentuan-ketentuan 23.9(3(1)), 23.9(3(2)) dan 23.9(3(3)) harus dipenuhi.

(1) Material harus memenuhi ketentuan 23.2(4) dan 23.2(5). Sambungan mekanis harus memenuhi 23.2(6) dan sambungan las harus memenuhi 23.2(7(1)).

(2) Komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi terfaktor yang tidak melebihi $(A_g f'_c / 10)$, harus memenuhi ketentuan 23.3(2(1)) dan 23.3(4). Spasi sengkang di seluruh panjang komponen struktur tidak boleh melebihi $d/2$.

(3) Komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi yang melebihi $(A_g f'_c / 10)$, harus memenuhi ketentuan pada 23.4(4), 23.4(5), dan 23.5(2(1)).

23.10 Ketentuan-ketentuan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

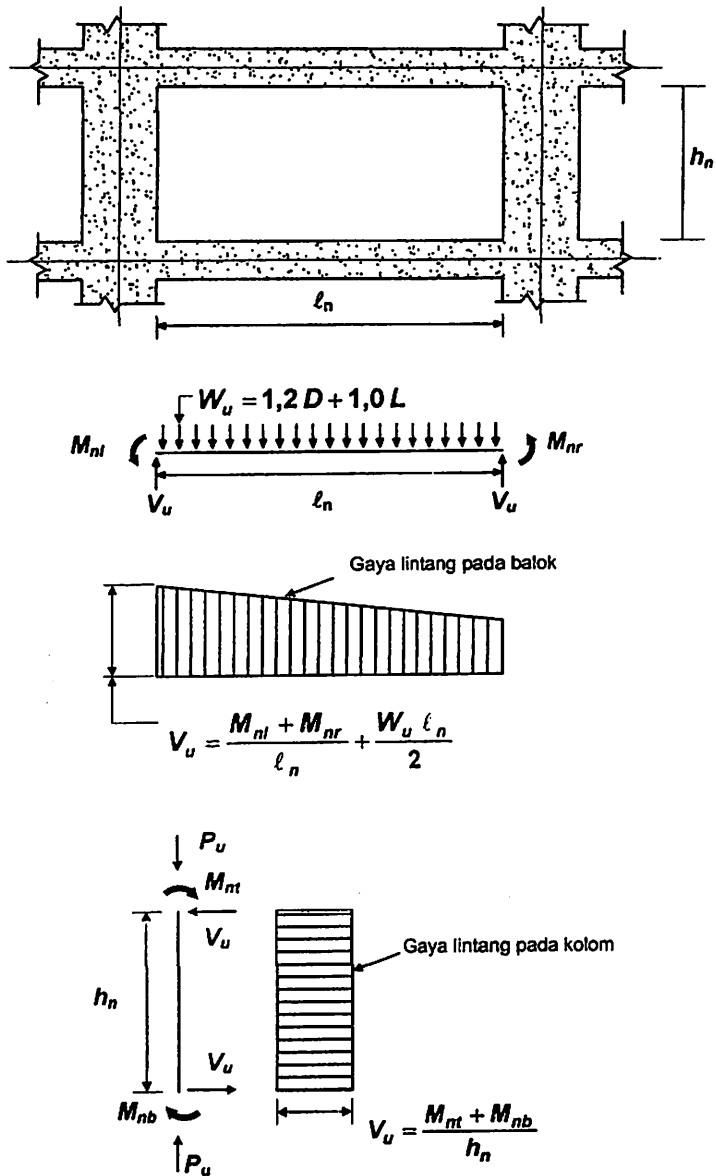
1) Ketentuan pada pasal ini berlaku untuk sistem rangka pemikul momen menengah.

2) Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan 23.10(4), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi $(A_g f'_c / 10)$. Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur melebihi $(A_g f'_c / 10)$, maka 23.10(5) harus dipenuhi kecuali bila dipasang tulangan spiral sesuai persamaan 27. Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok digunakan sebagai bagian dari sistem rangka pemikul beban lateral, maka detail penulangannya harus memenuhi 23.10(6).

3) Kuat geser rencana balok, kolom, dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa tidak boleh kurang daripada:

(1) Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor (lihat Gambar 47), atau

(2) Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa, E , dimana nilai E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahap gempa.



Gambar 47 Gaya lintang rencana untuk SRPMM

4) Balok

(1) Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen struktur tersebut.

(2) Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi:

- a) $d/4$,
 - b) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
 - c) 24 kali diameter sengkang, dan
 - d) 300 mm.
- (3) Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/2$.

5) Kolom

(1) Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang ℓ_0 dari muka hubungan balok-kolom adalah s_0 . Spasi s_0 tersebut tidak boleh melebihi:

- a) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
- b) 24 kali diameter sengkang ikat,
- c) Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur, dan
- d) 300 mm.

Panjang ℓ_0 tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini:

- a) Seperenam tinggi bersih kolom,
- b) Dimensi terbesar penampang kolom, dan
- c) 500 mm.

(2) Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 s_0$ dari muka hubungan balok-kolom.

(3) Tulangan hubungan balok-kolom harus memenuhi 13.11(2).

(4) Spasi sengkang ikat pada sebarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 s_0$.

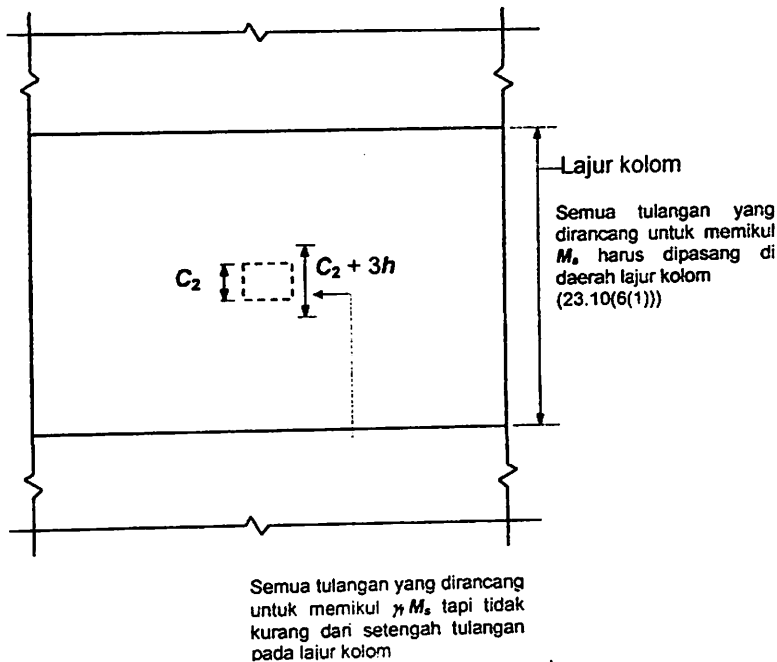
6) Pelat dua arah tanpa balok

(1) Momen pelat terfaktor pada tumpuan akibat beban gempa harus ditentukan untuk kombinasi beban yang didefinisikan pada persamaan 6 dan 7. Semua tulangan yang disediakan untuk memikul M_s , yaitu bagian dari momen pelat yang diimbangi oleh momen

tumpuan, harus dipasang di dalam lajur kolom yang didefinisikan dalam 15.2(1). Lihat Gambar 47.

(2) Bagian dari momen M_s yang ditentukan oleh persamaan 89 harus dipikul oleh tulangan yang dipasang pada daerah lebar efektif yang ditentukan dalam 15.5(3(2)).

(3) Setidak-tidaknya setengah jumlah tulangan lajur kolom di tumpuan diletakkan di dalam daerah lebar efektif pelat sesuai 15.5(3(2)).



Catatan: Ketentuan ini berlaku untuk tulangan atas dan bawah.

(Lihat pasal 15 untuk notasi)

Gambar 48 Lokasi tulangan pada konstruksi pelat dua arah

(4) Paling sedikit seperempat dari seluruh jumlah tulangan atas lajur kolom di daerah tumpuan harus dipasang menerus di keseluruhan panjang bentang.

(5) Jumlah tulangan bawah yang menerus pada lajur kolom tidak boleh kurang daripada sepertiga jumlah tulangan atas lajur kolom di daerah tumpuan.

(6) Setidak-tidaknya setengah dari seluruh tulangan bawah di tengah bentang harus diteruskan dan diangkur hingga mampu mengembangkan kuat lelehnya pada muka tumpuan sesuai 15.6(2(5)).

(7) Pada tepi pelat yang tidak menerus, semua tulangan atas dan bawah pada daerah tumpuan harus dipasang sedemikian hingga mampu mengembangkan kuat lelehnya pada muka tumpuan sesuai 15.6(2(5)). Lihat Gambar 49.

23.4(5). Spasi maksimum antar sengkang di sepanjang tinggi kolom adalah s_o , dimana s_o tidak boleh melebihi 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil, dan 150 mm.

(3) Komponen struktur dengan gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi melebihi $0,35P_o$ harus memenuhi ketentuan 23.9(2(2)) dan jumlah tulangan transversal yang disediakan tidak kurang daripada setengah yang disyaratkan oleh ketentuan 23.4(4(1)) dan spasinya tidak lebih daripada s_o pada seluruh bentangnya.

3) Apabila momen atau lintang akibat perpindahan rencana pada 23.9(1) melampaui kuat lentur atau geser rencana komponen struktur tersebut, atau apabila momen atau lintang akibat perpindahan rencana tidak dihitung maka ketentuan-ketentuan 23.9(3(1)), 23.9(3(2)) dan 23.9(3(3)) harus dipenuhi.

(1) Material harus memenuhi ketentuan 23.2(4) dan 23.2(5). Sambungan mekanis harus memenuhi 23.2(6) dan sambungan las harus memenuhi 23.2(7(1)).

(2) Komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi terfaktor yang tidak melebihi $(A_g f'_c / 10)$, harus memenuhi ketentuan 23.3(2(1)) dan 23.3(4). Spasi sengkang di seluruh panjang komponen struktur tidak boleh melebihi $d/2$.

(3) Komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi yang melebihi $(A_g f'_c / 10)$, harus memenuhi ketentuan pada 23.4(4), 23.4(5), dan 23.5(2(1)).

23.10 Ketentuan-ketentuan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

1) Ketentuan pada pasal ini berlaku untuk sistem rangka pemikul momen menengah.

2) Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan 23.10(4), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi $(A_g f'_c / 10)$. Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur melebihi $(A_g f'_c / 10)$, maka 23.10(5) harus dipenuhi kecuali bila dipasang tulangan spiral sesuai persamaan 27. Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok digunakan sebagai bagian dari sistem rangka pemikul beban lateral, maka detail penulangannya harus memenuhi 23.10(6).

3) Kuat geser rencana balok, kolom, dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa tidak boleh kurang daripada:

(1) Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor (lihat Gambar 47), atau

DAFTAR NOTASI

BJTP = Baja Tulangan Polos

ρ = Rasio volumetrik tulangan

ρ_{fm} = Rasio volumetrik *fine mesh*

d_s = Diameter tulangan BJTP

d_{fm} = 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 sengkang BJTP (MPa)

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

f_y = Kuat leleh tulangan longitudinal BJTP (MPa)

A_g = Luas total penampang kolom (mm²)

A_c = Luas penampang beton kolom persegi yang terkekang tulangan sengkang (mm²)

$A_{c'fm}$ = Luas penampang beton kolom persegi yang terkekang *fine mesh* (mm²)

A_{sh} = Luas tulangan sengkang BJTP (mm²)

s = Spasi tulangan sengkang BJTP (mm)

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

hc = Penampang beton kolom yang terkekang dari sumbu ke sumbu sengkang (mm)

$h'c$ = Penampang beton kolom yang terkekang dari sisi luar sengkang (mm)

$h'cfm$ = Penampang beton kolom yang terkekang dari sumbu ke sumbu *fine mesh* (mm)

$h'cfm$ = Penampang beton kolom yang terkekang dari sisi luar *fine mesh* (mm)

- ε_c = Regangan beton
 f'_{lx} = Tegangan kekang efektif arah x penampang (MPa)
 f'_{ly} = Tegangan kekang efektif arah y penampang (MPa)
 ρ_x = Rasio luas penampang efektif sengkang terhadap inti beton terkekang arah x
 ρ_y = Rasio luas penampang efektif sengkang terhadap inti beton terkekang arah y
 K_e = Koefisien efektifitas pengekangan, penampang kolom, $K_e = 0,95$
 f'_{cc} = Kuat tekan beton terkekang (MPa)
 ε_{c0} = Regangan beton tidak terkekang pada saat tegangan maksimum
 ε'_{cc} = Regangan beton terkekang pada saat tegangan maksimum
 ε'_{cu} = Regangan beton ultimit
 ε_{sm} = Regangan baja tulangan pada tegangan tarik maksimum
 ε_{cm} = regangan beton terkekang maksimum
 E_s = Modulus elastisitas baja tulangan (MPa)
 E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)
 n = Perbandingan Modulus elastisitas baja terhadap modulus elastisitas beton
 A_s = Luas total tulangan longitudinal (mm²)
 A_{sfm} = Luas penampang *fine mesh* (mm²)
 K = Rasio kuat tekan beton terkekang

LAMPIRAN 3
ANALISA EKPERIMENTAL SLINDER BETON

No	BERAT	DIAMETER	LUAS	BEBAN	f_c
	KG	mm	mm ²	KN	(Mpa)
1	12.68	150	18274.14	380	20.79441
2	12.83	150	18274.14	340	18.60553
3	12.38	150	18274.14	330	18.05831
4	12.35	150	18274.14	320	17.51108
5	12.82	150	18274.14	330	18.05831
6	12.52	150	18274.14	340	18.60553
7	12.52	150	18274.14	340	18.60553
8	12.42	150	18274.14	350	19.15275
9	12.71	150	18274.14	380	20.79441
10	12.57	150	18274.14	360	19.69997
11	12.75	150	18274.14	380	20.79441
12	12.7	150	18274.14	360	19.69997
13	12.86	150	18274.14	340	18.60553
14	13.09	150	18274.14	400	21.88885
15	12.88	150	18274.14	380	20.79441
16	13.27	150	18274.14	400	21.88885
17	12.83	150	18274.14	380	20.79441
18	13.07	150	18274.14	440	24.07774
19	12.97	150	18274.14	430	23.53052
20	12.81	150	18274.14	360	19.69997
				f_c (Mpa)	20.08302

Tabel 4 Faktor modifikasi untuk deviasi standar jika jumlah pengujian kurang dari 30 contoh

Jumlah pengujian	Faktor modifikasi untuk deviasi standar
Kurang dari 15 contoh	Gunakan Tabel 5
15 contoh	1,16
20 contoh	1,08
25 contoh	1,03
30 contoh atau lebih	1,00

CATATAN:
Interpolasi untuk jumlah pengujian yang berada di antara nilai-nilai di atas

$$f'_{cr} = f'_c + 1,34s \quad (1)$$

atau

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33s - 3,5 \quad (2)$$

(2) Bila fasilitas produksi beton tidak mempunyai catatan hasil uji lapangan untuk perhitungan deviasi standar yang memenuhi ketentuan pada 7.3(1(1)) atau 7.3(1(2)), maka kuat rata-rata perlu f'_{cr} harus ditetapkan berdasarkan Tabel 5 dan pencatatan data kuat rata-rata harus sesuai dengan persyaratan pada 7.3(3).

Tabel 5 Kuat tekan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar

Persyaratan kuat tekan, f'_c MPa	Kuat tekan rata-rata perlu, f'_{cr} MPa
Kurang dari 21	$f'_c + 7,0$
21 sampai dengan 35	$f'_c + 8,5$
Lebih dari 35	$f'_c + 10,0$

3) Pencatatan data kuat rata-rata

Catatan proporsi campuran beton yang diusulkan untuk menghasilkan kuat tekan rata-rata yang sama atau lebih besar daripada kuat tekan rata-rata perlu (lihat 7.3(2)) harus terdiri dari satu catatan hasil uji lapangan, beberapa catatan hasil uji kuat tekan, atau hasil uji campuran percobaan.

ACI COMMITTEE REPORT

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

Slump, mm	Water, Kg/m ³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate							
	9.5*	12.5*	19*	25*	37.5*	50†*	75†‡	150†‡
Non-air-entrained concrete								
50	207	199	190	179	166	154	130	113
100	228	216	205	193	181	169	145	124
175	243	228	216	202	190	178	160	—
Estimated amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.6	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
50	181	175	168	160	150	142	122	107
100	202	193	184	175	165	157	133	119
175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average total air content, percent for level of exposure:								
moderate exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***††	1.0***††
severe exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5***††	3.0***††
extreme exposure†††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***††	4.0***††

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 factors for trial batches at 20 to 25 C. They are maximum for reasonably well-shaped angular aggregates graded within 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 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 mixing water.

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 angular well-shaped coarse aggregates, well-graded from coarse to fine.

Additional recommendations for air content and necessary tolerances on air content in the field are given in a number of ACI documents, including ACI 201, 345, 318, 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 care 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 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 offset 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 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.

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

Compressive strength 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

These 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 increased as the air content is increased.

This relationship 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 the Adequacy of Laboratory Mixture Proportions for Strength or as the Acceptance or for Quality Control" of ASTM Method C 31 for Making and Testing Concrete Specimens in the Field. These are cylinders cured moist at 23 ± 0.5 C to testing.

This relationship in this Table assumes a nominal maximum aggregate size of about 19 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 3.4 and 5.3.2.

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(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

1 Procedures outlined in this standard practice have been presented using inch-pound units of measurement. The tables are equally applicable in SI system with proper attention of units. This Appendix provides all of the information necessary to apply the proportioning procedure in 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 (ft ³)	cubic meter (m ³)	0.02832
	cubic yard (yd ³)	cubic meter (m ³)	0.7646
Mass	pound (lb)	kilogram (kg)	0.4536
Pressure	pounds per square inch (psi)	megapascal (MPa)	6.895 x 10 ⁻¹
	pounds per cubic foot (lb/ft ³)	kilograms per cubic meter (kg/m ³)	16.02
Density	pounds per cubic yard (lb/yd ³)	kilograms per cubic meter (kg/m ³)	0.5933
	temperature Fahrenheit (F)	degrees Celsius (C)	†

*SI unit 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 factors for converting the former to the latter. From ASTM E 380. †Celsius = (F - 32)/1.8

2 For convenience of reference, numbering of paragraphs in this Appendix corresponds to the numbering of paragraphs in the body of the report except that the designation "A1" is used. All tables have been converted and reproduced. Metric 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 quantities in the metric tables are ones commonly used in the United States. Thus, there is not always a precise mathematical correspondence between inch-pound and SI values in the proportioning tables.

A1.5.3 Steps in calculating proportions -- Except as noted below, the methods for arriving at quantities of materials 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 are taken from the proper "A1" table instead of the one used 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:

$$U_M = 10G_a(100 - A) + C_M(1 - G_a/G_c) \cdot W_M(G_a - 1)$$

where

- U_M = unit mass of fresh concrete, kg/m³
- G_a = 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

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

$$\frac{W}{c+p} = \frac{3.15 \left(\frac{w}{c} \right)}{3.15(1 - F_w) + G_p(F_w)}$$

$$= \frac{3.15(0.75) + 2.40(0.25)}{1.89 + 2.96} = \frac{2.40}{4.85} = 0.64$$

ementitious material would be $270 \div 0.64 = 422$ lb.; weight 20 percent ($F_w = 0.20$) would be fly ash; $422 \times 0.20 = 84$ lb of fly ash and $422 - 84 = 338$ lb of

6.3.5 Step 5. Calculation of cement content -- The amount of cement per unit volume of concrete is fixed by 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). However, the specification includes a separate minimum amount of cement in addition to requirements for strength and durability, the mixture must be based on whichever criterion requires the larger amount of cement.

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

6.3.6 Step 6. Estimation of coarse aggregate content -- Grades of essentially the same nominal maximum size and grading will produce concrete of satisfactory workability at a given volume of coarse aggregate, on an oven-dry-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 Sections 6.3.1 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	0.50	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/yd ³ *	
	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 yd³) 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 yd³ 15 lb in the opposite direction; for each 100 lb difference in cement content from 550 lb, correct the weight per yd³ 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 A1.5.3.6 — 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	0.50	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	0.76	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 D 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 up to 10 percent. For more workable concrete, such as may sometimes be required in placement 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	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2436

*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 5 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 is solved here using metric units of measure. Required concrete 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 Table A1.5.3.6, other properties of the ingredients are: cement -- specific gravity of 3.15; coarse aggregate -- specific gravity 2.68 and absorption 0.5 percent; fine aggregate -- bulk specific gravity 2.64, absorption 0.7 percent, fineness modulus 2.8.

A2.2 All steps of the design process should be followed in sequence to avoid confusion, even though they sometimes may 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 A1.5.3.7.1, the estimated mixing water for a slump of 75 to 100 mm in non-air-entrained concrete 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 292 kg/m³. (0.62 x 292 = 181 kg/m³.)

A2.2.6 Step 6 -- The quantity of coarse aggregate is determined from Table A1.5.3.6. 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 opposed 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 : 0
0
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

Pekerjaan :

Permintaan :

BERAT ISI AGREGAT KASAR BATU PECAH

LEPAS / GEMBUR		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
0
Permintaan :

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	498.50	497.90	498.20
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500.00	500.00	500.00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	666.00	677.00	671.50
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	982.60	994.00	988.30
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	2.72	2.72	2.72
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$	2.73	2.73	2.73
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2.74	2.75	2.75
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$	0.30	0.42	0.36



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 :

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	4884	4891.1	4887.55
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	B _a	3080.5	3069	3074.75
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.54	2.53	2.54
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.60	2.59	2.60
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.71	2.68	2.70
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2.38	2.23	2.30

9.9 Sambungan

- 1) Pada pertemuan dari komponen-komponen rangka utama (misalnya pertemuan balok dan kolom), sambungan lewatan tulangan yang menerus dan pengangkuran tulangan yang berakhir pada pertemuan itu harus dilindungi dengan sengkang pengikat yang baik.
- 2) Sengkang pengikat pada pertemuan tersebut di atas, dapat berupa beton eksternal atau sengkang pengikat tertutup internal, spiral atau sengkang.

9.10 Tulangan lateral pada komponen struktur tekan

- 1) Tulangan lateral pada komponen struktur tekan harus memenuhi ketentuan pada 9.10(4) dan 9.10(5), dan pada tempat dimana dibutuhkan tulangan geser atau torsi juga harus memenuhi ketentuan pasal 13.
- 2) Ketentuan untuk tulangan lateral pada komponen struktur tekan komposit harus memenuhi 12.16. Ketentuan mengenai tulangan lateral pada komponen struktur prategang harus memenuhi 20.11.
- 3) Ketentuan tulangan lateral pada 9.10, 12.16, dan 20.11 boleh tidak diikuti, jika hasil pengujian dan analisis struktur menunjukkan bahwa sistem memiliki kekuatan yang cukup dan konstruksinya dapat dilaksanakan.
- 4) Spiral.
Tulangan spiral pada komponen struktur tekan harus memenuhi 12.9(3) dan ketentuan berikut:
 - (1) Spiral harus terdiri dari batang tulangan yang menerus atau kawat dengan ukuran yang sedemikian dan dipasang dengan spasi yang sama sehingga dapat diangkat dan diletakkan tanpa menimbulkan penyimpangan dari ukuran yang telah direncanakan.
 - (2) Untuk konstruksi yang dicor di tempat, ukuran diameter batang spiral tidak boleh kurang dari 10 mm.
 - (3) Jarak bersih antar tulangan spiral tidak boleh melebihi 75 mm dan juga tidak kurang dari 25 mm.
 - (4) Penjangkaran tulangan atau kawat spiral harus disediakan dengan memberikan 1½ lilitan ekstra pada tiap ujung dari unit spiral.
 - (5) Penyambungan spiral harus dilakukan dengan menggunakan salah satu dari beberapa metode di bawah ini:

a) Sambungan lewatan yang tidak kurang dari pada nilai terbesar dari 300 mm dan panjang yang dihasilkan dari salah satu ketentuan-ketentuan berikut ini:

Batang atau kawat ulir tanpa lapisan	$48d_b$
Batang atau kawat polos tanpa lapisan	$72d_b$
Batang atau kawat ulir berlapis	$72d_b$
Batang atau kawat polos tanpa lapisan dengan kait standar atau kait pengikat (yang sesuai dengan ketentuan 9.1(3)) pada ujung-ujung tulangan spiral yang disambung lewatan. Kait-kait tersebut harus tertanam di dalam inti beton yang terkekang oleh tulangan spiral yang dimaksud	$48d_b$
Batang atau kawat ulir berlapis epoksi dengan sengkang atau sengkang ikat standar (yang sesuai 9.1(3)) pada ujung-ujung tulangan spiral yang disambung lewatan. Kait tersebut harus tertanam di dalam inti beton yang terkekang oleh tulangan spiral yang dimaksud	$48d_b$

b) Sambungan mekanis dan las penuh yang sesuai dengan ketentuan 14.14(3).

(6) Tulangan spiral harus menerus mulai dari tepi atas fondasi telapak atau pelat pada setiap tingkat bangunan hingga ketinggian dari tulangan horizontal terendah dari komponen struktur yang ditumpu di atasnya.

(7) Dimana balok atau konsol pendek tidak merangka pada semua sisi kolom, sengkang ikat harus menerus mulai dari atas titik pengakhiran spiral hingga batas bawah pelat atau penebalan panel.

(8) Pada kolom dengan kepala kolom, tulangan spiral harus mencapai ketinggian dimana diameter atau lebar kepala kolom adalah dua kali diameter atau lebar kolom tersebut.

(9) Spiral harus diikat dengan baik di tempatnya, dan betul-betul terletak pada posisi rencananya dengan menggunakan pengatur jarak vertikal.

(10) Untuk batang tulangan atau kawat spiral yang diameternya kurang dari 16 mm, dibutuhkan minimum dua pengatur jarak untuk diameter lingkaran spiral kurang dari 500 mm, tiga pengatur jarak untuk diameter lingkaran spiral 500 sampai 800 mm, dan empat pengatur jarak untuk diameter lingkaran spiral lebih dari 800 mm.

5) Sengkang pengikat.

Penulangan sengkang pengikat untuk komponen struktur tekan harus memenuhi ketentuan berikut (Gambar 2):

(1) Semua batang tulangan non-prategang harus diikat dengan sengkang dan sengkang ikat lateral, paling sedikit ukuran D-10 untuk tulangan longitudinal lebih kecil dari D-32, dan paling tidak D-13 untuk tulangan D-36, D-44, D-56, dan bundel tulangan longitudinal.

23.4 Komponen struktur yang menerima kombinasi lentur dan beban aksial pada SRPMK

1) Ruang lingkup

Persyaratan dalam pasal ini berlaku untuk komponen struktur pada SRPMK (a) yang memikul gaya akibat gempa, dan (b) yang menerima beban aksial terfaktor yang lebih besar daripada $A_g f'_c / 10$. Komponen struktur tersebut juga harus memenuhi syarat-syarat berikut ini:

- (1) Ukuran penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui titik pusat geometris penampang, tidak kurang dari 300 mm.
- (2) Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus tidak kurang dari 0,4.

2) Kuat lentur minimum kolom

- 1) Kuat lentur setiap kolom yang dirancang untuk menerima beban aksial tekan terfaktor melebihi $A_g f'_c / 10$ harus memenuhi 23.4(2(2)) atau 23.4(2(3)).

Kekuatan dan kekakuan lateral kolom yang tidak memenuhi 23.4(2(2)) harus diabaikan dalam memperhitungkan kekuatan dan kekakuan struktur, tapi kolom tersebut harus memenuhi 23.9.

- (2) Kuat lentur kolom harus memenuhi persamaan 121

$$\Sigma M_e \geq (6/5) \Sigma M_g \quad (121)$$

ΣM_e adalah jumlah momen pada pusat hubungan balok-kolom, sehubungan dengan kuat lentur nominal kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom tersebut. Kuat lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan nilai kuat lentur yang terkecil.

ΣM_g adalah jumlah momen pada pusat hubungan balok-kolom, sehubungan dengan kuat lentur nominal balok-balok yang merangka pada hubungan balok-kolom tersebut. Pada konstruksi balok-T, dimana pelat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan pelat yang berada dalam daerah lebar efektif pelat sesuai dengan 10.10 harus diperhitungkan dalam menentukan kuat lentur nominal balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.

Kuat lentur harus dijumlahkan sedemikian hingga momen kolom berlawanan dengan momen balok. Persamaan 121 harus dipenuhi untuk kedua arah momen balok yang bekerja pada bidang rangka yang ditinjau.

(3) Jika 23.4(2(2)) tidak dipenuhi maka kolom pada hubungan balok-kolom tersebut harus direncanakan dengan memberikan tulangan transversal seperti ditentukan dalam 23.4(4(1)) sampai dengan 23.4(4(3)) yang dipasang di sepanjang tinggi kolom.

3) Tulangan memanjang

(1) Rasio penulangan ρ_g tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak boleh lebih dari 0,06.

(2) Sambungan mekanis harus sesuai 23.2(6) dan sambungan las harus sesuai 23.2(7). Sambungan lewatan hanya diizinkan di lokasi setengah panjang elemen struktur yang berada ditengah, direncanakan sebagai sambungan lewatan tarik, dan harus diikat dengan tulangan spiral atau sengkang tertutup yang direncanakan sesuai dengan 23.4(4(2)) dan 23.4(4(3)).

4) Tulangan transversal

(1) Ketentuan mengenai jumlah tulangan transversal di bawah ini harus dipenuhi kecuali bila ditentukan jumlah tulangan yang lebih besar berdasarkan 23.4(3(1)) atau 23.4(5).

a) Rasio volumetrik tulangan spiral atau sengkang cincin, ρ_s , tidak boleh kurang daripada yang ditentukan persamaan 122 berikut ini:

$$\rho_s = 0,12 f'_c / f_{yh} \quad (122)$$

dan tidak boleh kurang daripada yang ditentukan pada persamaan 27

b) Luas total penampang sengkang tertutup persegi tidak boleh kurang daripada yang ditentukan pada persamaan 123 dan 124 berikut ini:

$$A_{sh} = 0,3 (sh_c f'_c / f_{yh}) [(A_g / A_{ch}) - 1] \quad (123)$$

$$A_{sh} = 0,09 (sh_c f'_c / f_{yh}) \quad (124)$$

c) Tulangan transversal harus berupa sengkang tunggal atau tumpuk. Tulangan pengikat silang dengan diameter dan spasi yang sama dengan diameter dan spasi sengkang tertutup boleh dipergunakan. Tiap ujung tulangan pengikat silang harus terkait pada tulangan longitudinal terluar. Pengikat silang yang berurutan harus ditempatkan secara berselang-seling berdasarkan bentuk kait ujungnya. Lihat Gambar 42.

d) Bila kuat rencana pada bagian inti komponen struktur telah memenuhi ketentuan kombinasi pembebanan termasuk pengaruh gempa maka persamaan 123 dan 27 tidak perlu diperhatikan.

e) Bila tebal selimut beton di luar tulangan transversal pengekuat melebihi 100 mm, tulangan transversal tambahan perlu dipasang dengan spasi tidak melebihi 300 mm. Tebal selimut di luar tulangan transversal tambahan tidak boleh melebihi 100 mm.

23.4(5). Spasi maksimum antar sengkang di sepanjang tinggi kolom adalah s_o , dimana s_o tidak boleh melebihi 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil, dan 150 mm.

(3) Komponen struktur dengan gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi melebihi $0,35P_o$ harus memenuhi ketentuan 23.9(2(2)) dan jumlah tulangan transversal yang disediakan tidak kurang daripada setengah yang disyaratkan oleh ketentuan 23.4(4(1)) dan spasinya tidak lebih daripada s_o pada seluruh bentangnya.

3) Apabila momen atau lintang akibat perpindahan rencana pada 23.9(1) melampaui kuat lentur atau geser rencana komponen struktur tersebut, atau apabila momen atau lintang akibat perpindahan rencana tidak dihitung maka ketentuan-ketentuan 23.9(3(1)), 23.9(3(2)) dan 23.9(3(3)) harus dipenuhi.

(1) Material harus memenuhi ketentuan 23.2(4) dan 23.2(5). Sambungan mekanis harus memenuhi 23.2(6) dan sambungan las harus memenuhi 23.2(7(1)).

(2) Komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi terfaktor yang tidak melebihi $(A_g f'_c / 10)$, harus memenuhi ketentuan 23.3(2(1)) dan 23.3(4). Spasi sengkang di seluruh panjang komponen struktur tidak boleh melebihi $d/2$.

(3) Komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi yang melebihi $(A_g f'_c / 10)$, harus memenuhi ketentuan pada 23.4(4), 23.4(5), dan 23.5(2(1)).

23.10 Ketentuan-ketentuan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

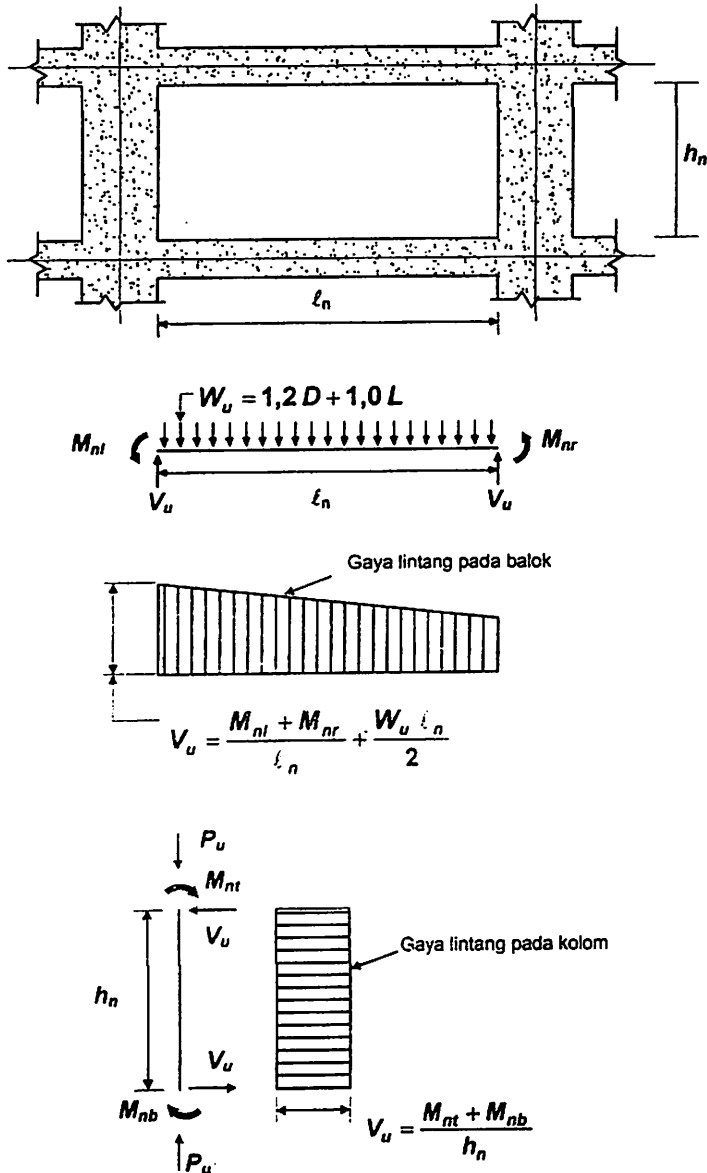
1) Ketentuan pada pasal ini berlaku untuk sistem rangka pemikul momen menengah.

2) Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan 23.10(4), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi $(A_g f'_c / 10)$. Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur melebihi $(A_g f'_c / 10)$, maka 23.10(5) harus dipenuhi kecuali bila dipasang tulangan spiral sesuai persamaan 27. Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok digunakan sebagai bagian dari sistem rangka pemikul beban lateral, maka detail penulangannya harus memenuhi 23.10(6).

3) Kuat geser rencana balok, kolom, dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa tidak boleh kurang daripada:

(1) Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor (lihat Gambar 47), atau

(2) Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa, E , dimana nilai E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahap gempa.



Gambar 47 Gaya lintang rencana untuk SRPMM

4) Balok

(1) Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen struktur tersebut.

(2) Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi:

- a) $d/4$,
 - b) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
 - c) 24 kali diameter sengkang, dan
 - d) 300 mm.
- (3) Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/2$.

5) Kolom

(1) Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang ℓ_0 dari muka hubungan balok-kolom adalah s_0 . Spasi s_0 tersebut tidak boleh melebihi:

- a) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
- b) 24 kali diameter sengkang ikat,
- c) Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur, dan
- d) 300 mm.

Panjang ℓ_0 tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini:

- a) Seperenam tinggi bersih kolom,
- b) Dimensi terbesar penampang kolom, dan
- c) 500 mm.

(2) Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 s_0$ dari muka hubungan balok-kolom.

(3) Tulangan hubungan balok-kolom harus memenuhi 13.11(2).

(4) Spasi sengkang ikat pada sebarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 s_0$.

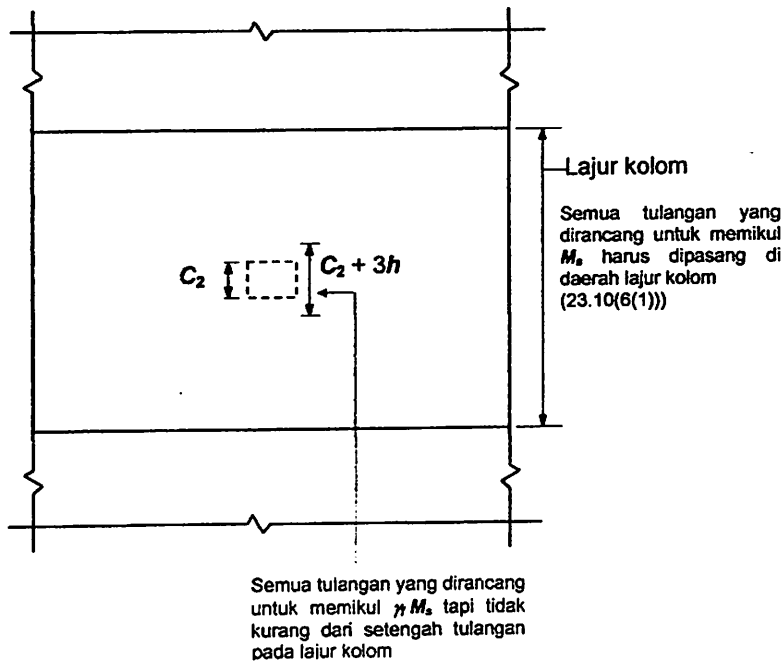
6) Pelat dua arah tanpa balok

(1) Momen pelat terfaktor pada tumpuan akibat beban gempa harus ditentukan untuk kombinasi beban yang didefinisikan pada persamaan 6 dan 7. Semua tulangan yang disediakan untuk memikul M_s , yaitu bagian dari momen pelat yang diimbangi oleh momen

tumpuan, harus dipasang di dalam lajur kolom yang didefinisikan dalam 15.2(1). Lihat Gambar 47.

(2) Bagian dari momen M_s yang ditentukan oleh persamaan 89 harus dipikul oleh tulangan yang dipasang pada daerah lebar efektif yang ditentukan dalam 15.5(3(2)).

(3) Setidak-tidaknya setengah jumlah tulangan lajur kolom di tumpuan diletakkan di dalam daerah lebar efektif pelat sesuai 15.5(3(2)).



Catatan: Ketentuan ini berlaku untuk tulangan atas dan bawah.

(Lihat pasal 15 untuk notasi)

Gambar 48 Lokasi tulangan pada konstruksi pelat dua arah

(4) Paling sedikit seperempat dari seluruh jumlah tulangan atas lajur kolom di daerah tumpuan harus dipasang menerus di keseluruhan panjang bentang.

(5) Jumlah tulangan bawah yang menerus pada lajur kolom tidak boleh kurang daripada sepertiga jumlah tulangan atas lajur kolom di daerah tumpuan.

(6) Setidak-tidaknya setengah dari seluruh tulangan bawah di tengah bentang harus diteruskan dan diangkur hingga mampu mengembangkan kuat lelehnya pada muka tumpuan sesuai 15.6(2(5)).

(7) Pada tepi pelat yang tidak menerus, semua tulangan atas dan bawah pada daerah tumpuan harus dipasang sedemikian hingga mampu mengembangkan kuat lelehnya pada muka tumpuan sesuai 15.6(2(5)). Lihat Gambar 49.

23.4(5). Spasi maksimum antar sengkang di sepanjang tinggi kolom adalah s_o , dimana s_o tidak boleh melebihi 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil, dan 150 mm.

(3) Komponen struktur dengan gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi melebihi $0,35P_o$ harus memenuhi ketentuan 23.9(2(2)) dan jumlah tulangan transversal yang disediakan tidak kurang daripada setengah yang disyaratkan oleh ketentuan 23.4(4(1)) dan spasinya tidak lebih daripada s_o pada seluruh bentangnya.

3) Apabila momen atau lintang akibat perpindahan rencana pada 23.9(1) melampaui kuat lentur atau geser rencana komponen struktur tersebut, atau apabila momen atau lintang akibat perpindahan rencana tidak dihitung maka ketentuan-ketentuan 23.9(3(1)), 23.9(3(2)) dan 23.9(3(3)) harus dipenuhi.

(1) Material harus memenuhi ketentuan 23.2(4) dan 23.2(5). Sambungan mekanis harus memenuhi 23.2(6) dan sambungan las harus memenuhi 23.2(7(1)).

(2) Komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi terfaktor yang tidak melebihi $(A_g f'_c / 10)$, harus memenuhi ketentuan 23.3(2(1)) dan 23.3(4). Spasi sengkang di seluruh panjang komponen struktur tidak boleh melebihi $d/2$.

(3) Komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi yang melebihi $(A_g f'_c / 10)$, harus memenuhi ketentuan pada 23.4(4), 23.4(5), dan 23.5(2(1)).

23.10 Ketentuan-ketentuan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

1) Ketentuan pada pasal ini berlaku untuk sistem rangka pemikul momen menengah.

2) Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan 23.10(4), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi $(A_g f'_c / 10)$. Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur melebihi $(A_g f'_c / 10)$, maka 23.10(5) harus dipenuhi kecuali bila dipasang tulangan spiral sesuai persamaan 27. Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok digunakan sebagai bagian dari sistem rangka pemikul beban lateral, maka detail penulangannya harus memenuhi 23.10(6).

3) Kuat geser rencana balok, kolom, dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa tidak boleh kurang daripada:

(1) Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor (lihat Gambar 47), atau

LEMBAR ASISTENSI



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

Jl. Bend. Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Laura Dian Tino
Nim : 06.21.036
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing I : Yosimson P. Manaha, ST., MT
Judul : "Efektifitas Fine Mesh \varnothing 2- 50 Sebagai Confinement dan Retrofitting Kolom Persegi Beton Bertulang Terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan Regangan (ϵ'_{cc})"

NO	TANGGAL	URAIAN	TANDA TANGAN
1.	15/6-2011.	- Bab I di sempurnakan tujuan & manfaat. - Bab II Sesuai teori & masalah yang di teliti.	
2.	21/6-2011	- Bab I. OK. - Bab. II tambahkan teori beton - Bab III di perbaiki kata <u>dan</u> diganti <u>karena</u> <u>telah</u> , karena bukan proposal lagi.	
3.	27/6-2011	- Bab II OK. - lanjut hitungan mix Desain beton $f'_{c} = 20 \text{ MPa}$.	



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

Jl. Bend. Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Laura Dian Tino
Nim : 06.21.036
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing I : Yosimson P. Manaha, ST., MT
Judul : "Efektifitas Fine Mesh ϕ 2- 50 Sebagai Confinement dan Retrofitting Kolom Persegi Beton Bertulang Terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan Regangan (ϵ'_{cc})"

NO	TANGGAL	URAIAN	TANDA TANGAN
4.	06/07-2011	- Mix Desain Ok. - pemelanaan \approx & bequisting disiapkan untuk persiapan pengecoran kolom	
5	01/08-2011	- hitungan teori sesuai dg diameter yg ada - persiapan w/ pengecoran benda uji.	
6.	12/8-2011	- persiapan w/ pengecoran kolom & hidran	
7	16/8-11	- hasil tes di buat dalam bentuk Excel dan buatkan grafik σ - ϵ Experimental. - foto tes di lampirkan - Bab IV & V di furan.	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bend. Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Loura Dian Tino
Nim : 06.21.036
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing I : Yosimson P. Manaha, ST, MT
Judul : Efektifitas Fine Mesh Ø2-50 Sebagai Confinement dan Retrofitting Kolom Persegi Beton Bertulang Terhadap Kekuatan (f'_{cc}) dan Regangan (ϵ'_{cc})

NO	TANGGAL	URAIAN	TANDA TANGAN
	18/8-11	Grafik ² pd Bab IV di sempurnakan. - foto ² di urutkan sesuai pengujian - baran di sempurnakan	
	19/8-11	- sempurnakan dan dapat mapu seminar hasil	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bend. Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Loura Dian Tino
Nim : 06.21.036
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing II : Drs. Kamidjo Rahardjo, ST., MT
Judul : "Efektifitas Fine Mesh Ø2- 50 Sebagai Confinement dan Retrofitting Kolom Persegi Beton Bertulang Terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan Regangan (ϵ'_{cc})"

NO	TANGGAL	URAIAN	TANDA TANGAN
	<u>Note</u>	Mix Desain OK, dg keten- tuan pengerjaan & perala- tan (Begisting dan pe- madasannya harus mengi- kuti aturan Baka Acc	
1)	$\frac{20}{6}$ 2011	BAB I / II. Ada koreksi diperbaiki se- vagai dg koreksi yg ada (lanjut km)	
2)	$\frac{23}{6}$ 2011	BAB I / II sudah diper- baiki (OK) lanjut km	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
JL. Bend. Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Loura Dian Tino
Nim : 06.21.036
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing II : Drs. Kamidjo Rahardjo, ST., MT
Judul : "Efektifitas Fine Mesh \varnothing 2- 50 Sebagai Confinement dan Retrofitting Kolom Persegi Beton Bertulang Terhadap kekuatan (f'_{cc}) dan Regangan (ϵ'_{cc})"

NO	TANGGAL	URAIAN	TANDA TANGAN
3)	10/7 2011	BAB II / BAB IV ada perbaikan dari hasil data yg ada di atas & betone sebelum lanjut ke BAB IV	
4)	28/7 2011	Sudah diperbaiki BAB III + IV	
5)	9/8 2011	BAB II OK Acc di seminar Hasil	



FORM REVISI / PERBAIKAN
 BIDANG Penelitian

Nama : Laura Dian Tino
 NIM : 06 21036
 Hari / tanggal : Kamis, 25 - 8 - 2011

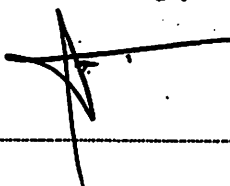
Isi materi Skripsi meliputi :

Leghisi di pwh. rehabilitas

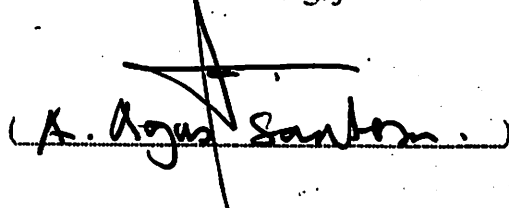
Isi materi Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian
 dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Isi Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 13 - 9 - 2011
 Dosen Penguji



Malang, 25 - 8 - 2011
 Dosen Penguji


 (A. Agus Santoso)

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

LEMBAR PERSEMBAHAN

Teriring salam dan do'a semoga Allah SWT, melimpahkan rahmat dan HidayahNya kepada kita untuk menjalankan tugas sebagai kholifah di muka bumi. Amin

*Dengan Sepenuh Hati, Cinta dan Kasih Sayang
Kupersembahkan Skripsi ini Kepada :*

*"Kedua Orang Tuaku Tercinta"
Ayahanda Sumardi dan Ibunda Sriyati
Kakek Nenek*

*Yang Dengan Sepenuh Hati Berjuang Mendidik dan Membesarkan Ananda,
Memberikan Dorongan dan Pengarahan dan Selalu Mendoakan Ananda
dengan Segenap Cinta, Semoga Allah Selalu Melindungi
dengan Rahmat dan Hidayah-Nya.*

"Kakakku Tersayang"

*Dehyta Cicilia, Jumawan keponakanku lala
Yang Selama ini Selalu Mendukung Baik dengan Materi maupun Moral.*

"My beloved"

Anggun Setara Dewi

*"Sahabat-sahabatku"
Kadir Orong Prof Doni Yayak Iwan seluruh Becak Crew Civil 06
yang Selama ini Sangat Membantu dan Mendukung dalam
Terselesainya Skripsi ini.*