

TUGAS AKHIR

**KEKUATAN DESAK KOLOM KOMPOSIT
BAJA SILINDER DENGAN BETON SERAT
TERHADAP PEMBEBANAN EKSENTRIS**



**DIBACA DI TEMPAT
TIDAK DIBAWA PULANG**

DISUSUN OLEH :

SULISTIA

No. Mhs. 92310143

SITI NUROHMAH

No. Mhs. 92310223

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

YOGYAKARTA

1999



TUGAS AKHIR

**KEKUATAN DESAK KOLOM KOMPOSIT
BAJA SILINDER DENGAN BETON SERAT
TERHADAP PEMBEBANAN EKSENTRIS**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

DISUSUN OLEH :

SULISTIA
No. Mhs. 92310143

SITI NUROHMAH
No. Mhs. 92310223

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

1999

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

KEKUATAN DESAK KOLOM KOMPOSIT BAJA SILINDER DENGAN BETON SERAT TERHADAP PEMBEBANAN EKSENTRIS

DISUSUN OLEH :

SULISTIA

No. Mhs. 92310143

NIRM : 92 0051013114120143

SITI NUROHMAH

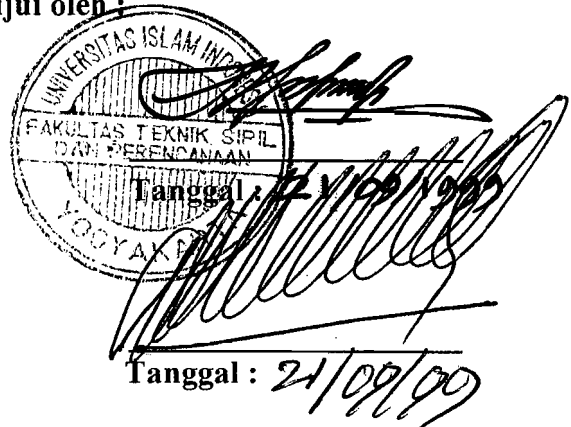
No. Mhs. 92310223

NIRM : 92 00510131141201223

Diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Mochammad Teguh, MSCE
Dosen Pembimbing I

Ir. A. Kadir Aboe, MS
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 21/09/09

*".....,Diantara gunung-gunung ada jalan-jalan yang putih dan merah
dan macam-macam warnanya dan ada pula yang hitam pekat."*

(QS. Faathir : 27)

*"....., Katakanlah : Akankah sama orang-orang yang mengetahui
dengan orang-orang yang tidak mengetahui ? Sesungguhnya orang yang
berakallah yang dapat menerima pelajaran."*

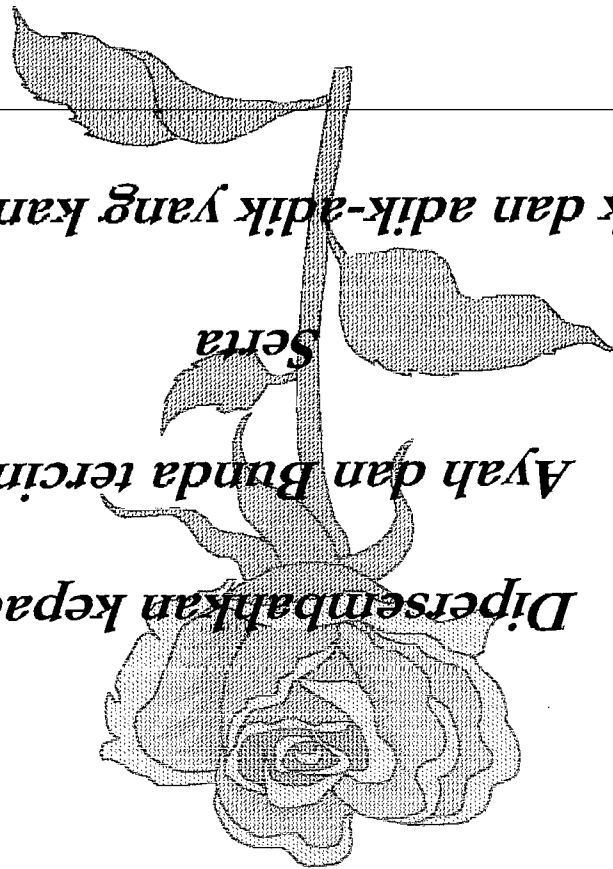
(QS. Az-Zumar : 9)

Kakak dan adik-adik yang kami sayangi!

Serta

Ayah dan Bunda tercinta

Dipsembahkan kepada



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu pra-syarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa program Strata 1 (S-1) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, untuk memperoleh derajat kesarjanaan dalam bidang ilmu teknik sipil.

Bantuan dari berbagai pihak banyak membantu proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. *Ir. Widodo MSc. Phd*, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII yang telah memberi persetujuan penelitian,
2. *Ir. H. Tadjudin BMA. MS*, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII yang telah memberi persetujuan penelitian,
3. *Ir. H. M. Teguh MSCE*, selaku Pembimbing I yang telah memberi bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
4. *Ir. A. Kadir Aboe MS*, selaku Pembimbing II yang telah memberi bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
5. Kepala Laboratorium Pusat Antar Universitas UGM Yogyakarta yang telah memberi kesempatan pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini,

6. Ayah dan bunda tercinta, kakak-kakak serta adik-adik tersayang yang telah memberi dukungan moril dan material yang tak terhingga,
7. rekan-rekan yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, segala kritik dan saran untuk penyempurnaan lebih lanjut, diterima dengan senang hati. Akhir kata, semoga hasil bimbingan, dorongan moril, bantuan material dan kerjasama ini dapat memberi manfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, Agustus 1999

Penulis

ABSTRAK

Kolom merupakan salah satu elemen dari struktur rangka yang mengalami desak dan lentur, selain berfungsi untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada kolom itu sendiri juga menyalurkan gaya-gaya yang bekerja pada balok ke pondasi. Akibat beban-beban yang bekerja pada struktur portal, kolom umumnya mengalami pembebanan eksentris, yang mengakibatkan tambahan momen, sehingga akan timbul tegangan, dengan demikian penampang kolom akan menjadi daerah tekan dan tarik. Beton sebagai unsur utama kolom mempunyai kekurangan yaitu lemah terhadap tarik, maka untuk menutupi kelemahan tersebut banyak digunakan kolom komposit sebagai alternatif pilihan. Namun hal ini belum maksimal pada unsur betonnya sendiri yang lemah terhadap tarik. Untuk itu dicoba alternatif lain dalam penelitian ini, yaitu dengan menambahkan serat pada campuran adukan beton dengan tujuan dapat meningkatkan kekuatan beton itu sendiri, disamping kekuatan kolom komposit secara keseluruhan. Di dalam penelitian ini kolom yang dimodelkan adalah kolom paling bawah, yang bagian bawahnya terjepit dan ujung yang lain bebas. Pada penelitian ini penambahan serat sebanyak 1%-3% dari berat semen. Serat yang digunakan berupa serat kawat ikat dengan diameter 1 mm, panjang 60 mm dan kedua ujungnya dibengkokkan. Sedangkan baja yang digunakan dalam penelitian ini berdiameter 112,903 mm, tebal 1,450 mm dan panjangnya 700 mm. Pada penelitian ini diperoleh hasil pengujian kuat desak beton silinder standar yaitu, pada beton tanpa serat nilai $f'_c=22,7617 \text{ N/mm}^2$, untuk kandungan serat 1% ($f'_c=28,0580 \text{ N/mm}^2$), untuk kandungan serat 2% ($f'_c=31,8684 \text{ N/mm}^2$), untuk kandungan serat 3% ($f'_c=37,0587 \text{ N/mm}^2$). Sedangkan hasil pengujian kuat desak kolom komposit terhadap beban eksentris dan beban sentris yaitu pada benda uji tanpa kandungan serat menghasilkan momen maksimum rata-rata dan beban maksimum rata-rata ($14720,56250 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$ dan $532,50 \cdot 10^3 \text{ N}$), untuk kandungan serat 1% ($15535,625 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$ dan $557,5 \cdot 10^3 \text{ N}$), untuk kandungan serat 2% ($15647,675 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$ dan $625 \cdot 10^3 \text{ N}$), untuk kandungan serat 3% ($18235,00 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$ dan $650,00 \cdot 10^3 \text{ N}$). Ternyata hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan tambahan serat pada adukan beton mengakibatkan peningkatan kapasitas kuat desak baik terhadap pembebanan sentris maupun pembebanan eksentris.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
<hr/>	
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5

BAB II	LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1	Landasan Teori	6
2.1.1	Beton Serat	6
2.1.2	Beton komposit	7
2.1.3	Perencanaan Campuran Adukan Beton	9
2.1.4	Kuat Desak Beton	15
2.1.5	Tekuk Pada Kolom	16
2.2	Tinjauan pustaka	17
BAB III	METODE PENELITIAN	19
3.1	Persiapan Bahan dan Alat	19
3.2	Bahan Penelitian	19
3.3	Peralatan Penelitian	20
3.4	Pemodelan Benda Uji	21
3.5	Variasi Sampel	22
3.6	Perencanaan Campuran Beton dan Baja Komposit	23
3.6.1	Perencanaan Campuran Beton	23
3.6.2	Perencanaan Baja Komposit	27
BAB IV	PELAKSANAAN PENELITIAN	34
4.1	Persiapan Bahan	34
4.2	Pembuatan Benda Uji	34
4.3	Rawatan Benda Uji	35

4.4	Pengujian Benda Uji.....	35
4.5	Pengumpulan Data.....	36
4.6	Pengolahan Data.....	36
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	39
5.1	Hasil Penelitian.....	39
5.1.1	Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Silinder Standar	39
5.1.2	Hasil Pengujian Kuat Desak Kolom Komposit.....	42
5.2	Pembahasan	45
5.2.1	Workabilitas adukan beton.....	45
5.2.2	Tipologi Kerusakan Benda Uji Setelah Pengujian	45
5.2.3	Kuat Desak	50
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	54
6.1	Kesimpulan.....	54
6.2	Saran.....	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Interpolasi antara $P_u/\phi P_n$ dan ϕM_n	9
Gambar 2.2 Panjang Tekuk Kolom.....	17
Gambar 3.1 Pemodelan Kolom Komposit	22
Gambar 3.2 Penampang Kolom	30
Gambar 3.3 Titik Berat Penampang Kolom.....	30
Gambar 3.4 Eksentrisitas Kolom	32
Gambar 3.5 Plat Dasar Kolom	33
Gambar 4.1 Benda Uji.....	36
Gambar 4.2 Dudukan Plat Dasar Kolom uji	37
Gambar 4.3 Persiapan Pengujian Benda Uji.....	37
Gambar 4.4 Uji Pembebanan	38
Gambar 5.1 Keadaan Benda Uji Sebelum Pengujian	46
Gambar 5.2 Keadaan Benda Uji Setelah Pengujian dengan Pembebanan Eksentris.....	47
Gambar 5.3 Keadaan Bagian Ujung Atas Benda Uji Sebelum Pengujian.....	47
Gambar 5.4 Keadaan Bagian Ujung Atas Benda Uji Setelah Pengujian dengan Pembebanan Eksentris	48
Gambar 5.5 Tipologi Kerusakan Benda Uji dengan Pembebanan Eksentris.....	48
Gambar 5.6 Keadaan Benda Uji Sebelum Pengujian dengan beban sentris.....	49

Gambar 5.7 Keadaan Benda Uji Setelah Pengujian Dengan Pembebanan sentris	49
Gambar 5.8 Tipologi Kerusakan Benda Uji dengan Pembebanan Sentris	50
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kandungan Serat dengan Kuat Desak Karakteristik Beton	51
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Kandungan Serat dengan Kapasitas Momen.....	52
Gambar 5.11 Grafik Hubungan Kandungan Serat dengan Beban Sentris Maksimum	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Deviasi Standar (kg/cm).....	10
Tabel 2.2	Faktor Moifikasi Deviasi Standar Jika Data Test Kurang Dari 30	10
Tabel 2.3	Kekuatan Rata-rata Yang Diperlukan Jika Tidak Tersedia Data Untuk Menentukan Standar Deviasi	11
Tabel 2.4	Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Silinder pada Umur 28 hari.....	11
Tabel 2.5	Faktor Air Semen Maksimum.....	12
Tabel 2.6	Nilai Slump (cm).....	13
Tabel 2.7	Ukuran Maksimum Agregat (mm).....	13
Tabel 2.8	Perkiraan Kebutuhan Air berdasarkan Nilai Slump dan Ukuran Maksimum Agregat (liter).....	14
Tabel 2.9	Perkiraan Kebutuhan Agregat Kasar per-meter kubik Beton berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat dan Nilai Modulus Halus Pasir.....	14
Tabel 2.10	kuat Desak Karaktersistik beton f^c	15
Tabel 3.1	Sampel Baja Komposit	23
Tabel 3.2	Perhitungan Prosentase Serat.....	26
Tabel 5.1	Kuat Desak Beton Silinder Standar dengan Kandungan Serat 0%.....	39
Tabel 5.2	Kuat Desak Beton Silinder Standar dengan Kandungan Serat 1%.....	40
Tabel 5.3	Kuat Desak Beton Silinder Standar dengan Kandungan Serat 2%.....	41

Tabel 5.4	Kuat Desak Beton Silinder Standar dengan Kandungan Serat 3%.....	41
Tabel 5.5	Perbandingan Kuat Desak Karakteristik Beton	42
Tabel 5.6	Kuat Desak Kolom Komposit dengan Kandungan Serat 0%	42
Tabel 5.7	Kuat Desak Kolom Komposit dengan Kandungan Serat 1%	43
Tabel 5.8	Kuat Desak Kolom Komposit dengan Kandungan Serat 2%	43
Tabel 5.9	Kuat Desak Kolom Komposit dengan Kandungan Serat 3%	44
Tabel 5.10	Nilai Slump untuk Setiap variasi	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian MHB Agregat Halus

Lampiran 2 Hasil Pengujian Baja Silinder

Lampiran 3 Regresi Kuat Desak

DAFTAR NOTASI

A	= luas permukaan, mm^2
Ac	= luas beton, mm^2
Ar	= luas tulangan longitudinal, mm^2
As	= luas baja silinder, mm^2
Aw	= luas badan profil, untuk tampang pipa/tabung isi beton = 0, mm^2
C	= Resultante gaya tekan dalam, N
Cr	= jarak rata-rata permukaan tekan/tarik terhadap pusat berat tulangan longitudinal
d	= diameter dalam baja silinder, mm
D	= diameter luar baja silinder, mm
e	= jarak beban ke pusat berat penampang kolom
E	= modulus elastisitas baja, 29000 Ksi
Ec	= modulus elastisitas beton, MPa
Em	= modulus elastisitas modifikasi dari profil tampang komposit, MPa
fc	= kuat desak beton menurut ACI, MPa
f'c	= kuat desak karakteristik beton, MPa
f'cr	= kuat desak beton rata-rata, MPa
fmy	= tegangan leleh modifikasi dari profil tampang komposit, Mpa
fyr	= tegangan leleh tulangan baja longitudinal, MPa
h ₁	= lebar penampang tegak lurus bidang lentur, mm
h ₂	= lebar penampang sejajar bidang lentur, mm
i	= nomor urut sampel
J	= jarak antara titik berat bagian atas yang tertekan dan bagian bawah yang tertarik atau sebaliknya, mm
k	= faktor yang tergantung pada kondisi ujung kolom
klu	= perbandingan panjang efektif kolom
lf	= panjang serat, mm
lu	= panjang tak tertumpu kolom, mm
M	= momen, Nmm
Mp	= momen plastis, Nmm
Mnx	= momen nominal terhadap sumbu x, Nmm
Mny	= momen nominal terhadap sumbu y, Nmm
Mux	= momen terfaktor terhadap sumbu x, Nmm
Muy	= momen terfaktor terhadap sumbu y, Nmm
P	= beban aksial, N
Pn	= beban aksial nominal, N
Pu	= beban aksial terfaktor, N
r	= jari-jari girasi, mm
rm	= jari-jari girasi baja, mm
Sd	= standar deviasi, Mpa

t	=	tebal pipa, mm
T	=	resultante gaya tarik dalam, N
Va	=	volume air, m ³
Vb	=	volume batu pecah, m ³
Vf	=	persentase volume serat
Vm	=	persentase volume beton
Vs	=	volume semen portland, m ³
Vu	=	volume udara, m ³
Wa	=	berat air, ton
Wb	=	berat batu pecah, ton
Wpc	=	berat semen portland, ton
Wp	=	berat pasir, ton
Ya	=	jarak titik berat bagian atas ke pusat berat penampang kolom, mm
Yb	=	jarak titik berat bagian bawah ke pusat berat penampang kolom, mm
Z	=	Modulus plastis, mm ³

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan mempunyai peranan penting dalam kehidupan masyarakat. Sebagian besar dari hidup manusia berada di sekitar atau di dalam bangunan, seperti perumahan, perkantoran, pabrik-pabrik, rumah sakit dan jembatan. Pengaruh yang demikian luas itu mengakibatkan sektor pembangunan memegang peranan penting dalam meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian negara.

Beton secara luas telah dipakai sebagai bahan bangunan. Beton merupakan salah satu unsur struktur yang sangat penting, hampir sebagian besar bangunan menggunakan beton sebagai struktur utama. Adapun keunggulan struktur beton secara umum dapat diuraikan sebagai berikut ini.

-
1. harganya relatif murah karena bahan-bahannya mudah didapat,
 2. lebih mudah pengerjaannya karena dilakukan dilokasi proyek atau lokasi pekerjaan,
 3. sangat fleksibel untuk dipakai pada berbagai macam struktur bangunan, baik untuk bangunan yang sederhana yang bertingkat rendah ataupun untuk bangunan tinggi yang bertingkat banyak,
 4. beton mampu untuk menahan aus dan kebakaran,

5. salah satu keunggulan yang penting adalah beton mempunyai kuat tekan yang tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja (yang kuat tariknya tinggi) dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat.

Beton disamping memiliki berbagai macam keunggulan teknis, juga memiliki beberapa sifat kurang baik, seperti getas dan timbulnya retak yang terlalu dini, baik akibat pembebanan maupun panas hidrasi, yaitu panas yang diakibatkan semen saat berreaksi dengan air.

Kolom dari suatu bangunan merupakan salah satu elemen dari struktur rangka yang mengalami desak dan lentur serta pemakaiannya selalu dihubungkan dengan elemen struktur yang lain yaitu balok sebagai satu kesatuan, baik sebagai portal ruang maupun portal bidang. Kolom berfungsi menahan gaya-gaya yang bekerja pada kolom itu sendiri dan menyalurkan gaya-gaya yang bekerja pada balok ke pondasi.

Kolom dapat berbagai macam, berdasarkan bentuk penampang dan bahan (material) penyusunnya dapat diuraikan sebagai berikut ini.

1. Dari Segi Bentuk Penampang

a. Kolom Silinder

Kolom Silinder adalah kolom yang penampang melintangnya berupa lingkaran dengan diameter (D) tertentu.

b. Kolom Persegi

Kolom Persegi adalah kolom yang penampangnya berupa persegi, bisa sama sisi (bujursangkar), bisa persegi panjang, bisa juga persegi banyak tergantung keinginan perencana.

2. Dari Segi Bahan (Material Penyusun)

a. Kolom Beton Bertulang Biasa

Kolom Beton Bertulang Biasa adalah kolom dengan penulangan biasa dengan tulangan pokok memanjang yang pada jarak (spasi) tertentu diikat dengan sengkang arah lateral atau bisa juga dengan sengkang (pengikat) spiral yang dililitkan sepanjang kolom.

b. Kolom Baja

Kolom Baja adalah kolom yang berupa gelagar baja profil atau silinder (pipa) baja.

c. Kolom Komposit dengan Beton Biasa

Kolom Komposit dengan Beton Biasa adalah kolom yang merupakan gabungan antara beton dengan gelagar baja profil atau pipa dengan atau tanpa tulangan pokok memanjang.

d. Kolom Komposit dengan Beton Serat

Kolom Komposit dengan Beton Serat adalah kolom yang merupakan gabungan antara gelagar baja profil atau silinder (pipa) baja dengan beton yang diberi bahan tambah pada adukannya, berupa serat (*fiber*).

Akibat beban-beban yang bekerja pada struktur portal, kolom umumnya mengalami pembebanan eksentris (yaitu beban yang tidak bekerja pada pusat berat penampang melintang). Hal ini dikarenakan tuntutan arsitektural sekarang ini menuntut bangunan yang tidak selalu simetris. Pembebanan eksentris tersebut mengakibatkan momen yang menimbulkan terjadinya tegangan tarik, dengan demikian penampang kolom akan menjadi daerah tekan dan tarik. Dalam kenyataan

salah satu kekurangan beton adalah lemah terhadap tarik, hal ini juga menjadi unsur kelemahan kolom beton konvensional. Kolom komposit merupakan alternatif yang sering dipilih untuk menutupi kelemahan tersebut. Tetapi dalam hal ini baja yang dikompositkan dengan beton tersebut masih belum mengurangi kelemahan beton itu sendiri. Penambahan serat pada adukan campuran beton merupakan alternatif yang dapat dilakukan untuk mengurangi kelemahan kolom dari unsur betonnya.

Dengan alasan tersebut di depan, maka dirasa perlu untuk meneliti pengaruh penambahan serat terhadap kekuatan desak kolom komposit baja silinder dengan beton serat pada pembebanan eksentris .

1.2 Rumusan Masalah

Seberapa besar prosentase penambahan serat yang diberikan agar terjadi peningkatan kekuatan kolom komposit dengan beton serat bervariasi di dalam menahan beban eksentris ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan desak dan lentur kolom komposit baja silinder dengan beton serat terhadap pembebanan eksentris serta untuk mengetahui perilaku kolom komposit tersebut

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat diambil manfaatnya, antara lain untuk dapat mengetahui :

1. kekuatan desak kolom komposit dengan beton serat terhadap beban eksentris,
2. perilaku kolom komposit dengan beton serat terhadap beban eksentris,
3. prosentase penambahan serat (*fiber*) dalam beton terhadap peningkatan kekuatan kolom komposit tersebut.

1.6 Batasan Masalah

Batasan ini dibuat agar masalah yang akan diteliti lebih terarah. Adapun batasan-batasan masalah adalah :

1. diameter baja silinder yang dipakai berdiameter 112,903 mm dengan tebal 1,45 mm, panjang 700 mm,
2. mutu beton $f'_c = 21$ MPa,
3. desain campuran beton dengan menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*),
4. serat yang dipergunakan berupa serat kawat baja dengan diameter 1 mm, panjang 60 mm dengan ujung-ujung yang dibengkokkan,
5. berat serat kawat baja yang ditambahkan sebesar 1%-3% dari berat semen,
6. uji desak dilakukan setelah beton mencapai umur 28 hari.

BAB II
LANDASAN TEORI
DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Bcton Serat

Beton serat adalah beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan sejumlah serat (ACI Commuitee 544). Inti dari beton serat adalah penambahan serat yang disebar merata untuk mencegah retak-retak kecil pada beton dan meningkatkan kemampuan kuat desak beton.

Dengan mengasumsikan bahwa bahan saling melekat sempurna dan letak serat segaris (G. Spadea and F. Bencardino 662), maka persamaannya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\sigma_{cr} = \sigma_{mu} \cdot V_m + \sigma_f \cdot V_f \dots\dots\dots(2.1)$$

Apabila lekatan serat dengan pasta semen lebih kecil dari kuat tarik serat, maka kuat lentur beton serat ditentukan oleh kuat lekat serat. Pada keadaan tersebut kuat tarik serat diganti dengan persamaan berikut ini.

$$\sigma_f = 2\gamma \frac{I_f}{d_f} \dots\dots\dots(2.2)$$

Penambahan bahan serat dapat menyebabkan penurunan kelecakan secara cepat sejalan dengan pertambahan konsentrasi serat dan aspek rasio serat (nilai banding panjang dan diameter). Batas maksimal aspek rasio serat yang masih memungkinkan pengadukan secara mudah yaitu $l_f/d_f < 100$.

Agar pencampuran serat dapat tersebar secara merata dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran agregat. ACI Commite 544 menyarankan agregat maksimum yang digunakan pada beton berserat yaitu $\frac{3}{4}$ " (19 mm).

2.1.2 Beton Komposit

Beton komposit adalah suatu struktur yang terdiri dari baja dan beton yang keduanya bekerja bersama-sama untuk menahan beban (AISC).

Syarat-syarat yang harus dipenuhi untuk kolom komposit (AISC LRFD) adalah sebagai berikut :

1. luas dari baja (A_s) > 4 % dari luas seluruhnya,
2. kekuatan beton berkisar antara $3 < f'_c < 8$ ksi,
3. nilai kekuatan baja $f_y < 55$ ksi,
4. tebal pipa menggunakan rumus

$$t \geq D \sqrt{\frac{f_y}{8 E}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Untuk menentukan beban maksimum digunakan rumus berikut ini.

$$\phi_c P_n = 0,85 A_s f_{cr} \dots \dots \dots (2.4)$$

dengan $f_{cr} = e^{-0,419 \lambda_c} f_{my}$ untuk $\lambda_c < 1,5$

$$f'_{cr} = 0,877/\lambda c^2 f_{my} \quad \text{untuk } \lambda c > 1,5$$

$$\lambda_c = \frac{k \cdot l}{r_m \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$r_m = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{(D^2 + d_1^2)} > 0,3 D$$

$$f_{my} = f_y + 0,85 f'_c A_c/A_s$$

$$E_m = E + 0,4 E_c A_c/A_s$$

$$E_c = 145^{1,5} f'_c$$

$$A_s = \pi/4 (D^2 - d_1^2)$$

$$A_c = \pi/4 d_1^2$$

Sebagai balok kolom :

$$1. \text{ Apabila } : \frac{P_u}{\phi_c P_n} \geq 0,2$$

$$\text{maka : } \frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} + \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} \right) \leq 1,0 \dots \dots \dots (2.6)$$

$$2. \text{ Apabila } : \frac{P_u}{\phi_c P_n} < 0,2$$

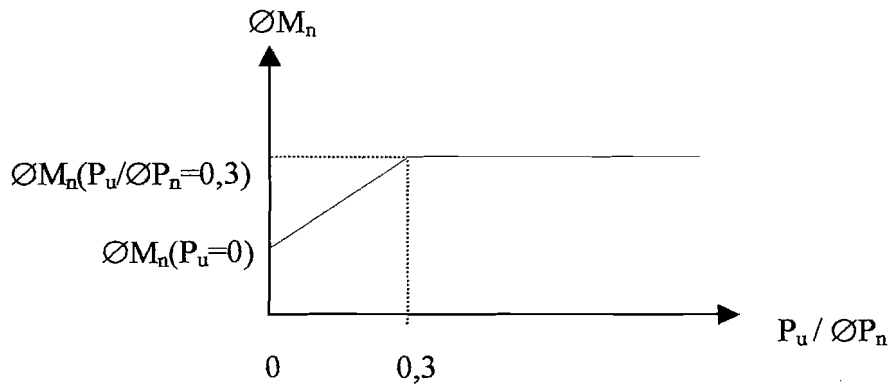
$$\text{maka : } \frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1,0 \dots \dots \dots (2.7)$$

$$3. \text{ Apabila } : \frac{P_u}{\phi_c P_n} < 0,3$$

Maka harus dicari dengan interpolasi $P_u = 0$ dan $P_u/\phi P_n = 0,3$ (lihat gambar 2.1)

$$P_u = 0 \rightarrow M_n = Z \cdot f_y$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = 0,3 \rightarrow M_n = Z f_y + 1/3(h_2 - 2C_r)A_r f_{yr} + \left(\frac{h_2}{2} - \frac{h_w f_y}{1,7 f_c h_1} \right) A_w f_y \dots (2.8)$$



Gambar 2.1 Diagram interpolasi antara $P_u / \phi P_n$ dan ϕM_n

2.1.3 Perencanaan Campuran Adukan Beton

Perhitungan rencana adukan beton yang digunakan adalah perencanaan menurut *American Concrete Institute* (ACI). Karena ACI menyarankan suatu cara perencanaan campuran yang memperhatikan nilai ekonomis, kemudahan pengerjaan, keawetan, serta kekuatan yang diinginkan.

Urutan langkah perencanaan dengan cara *American Concrete Institute* (ACI) adalah sebagai berikut ini.

1. Menghitung kuat desak rata-rata berdasarkan kuat desak yang disyaratkan dan nilai margin yang tergantung tingkat pengawasan mutunya (lihat tabel 2.1). Kuat desak rata-rata dihitung dari kuat desak yang disyaratkan ditambah margin.

$$f'_{cr} = f'_c + m \dots \dots \dots (2.9)$$

$m = 1,34 \cdot sd$ (dengan sd adalah deviasi standar yang diambil dari tabel 2.1)

Tabel 2.1 Nilai deviasi standar (kg/cm)

Volume pekerjaan (m ³)		Mutu pelaksanaan		
		Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil	< 1000	45 < s < 55	55 < s < 65	65 < s < 85
Sedang	1000 – 3000	35 < s < 45	45 < s < 55	55 < s < 75
Besar	> 3000	35 < s < 35	35 < s < 45	< 65

Apabila data test yang tersedia kurang dari 30 sampel maka campuran percobaan harus didisain dengan kekuatan desak f'_{cr} yang dihitung dari :

$$f'_{cr} = f'_c + 1,34 \text{ sd} \dots\dots\dots(2.10)$$

atau

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33 \text{ sd} - (500 \text{ Psi}) \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\text{sd} = \sqrt{\frac{\sum_i^N (f_c - f'_{cr})^2}{N-1}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Harga f'_{cr} yang lebih besar dari persamaan 2.10 dan 2.11 yang dipakai.

Apabila data test yang tersedia kurang dari 30 dan lebih dari 15, harga sd pada persamaan 2.10 dan 2.11 harus dikalikan dengan faktor modifikasi yang tercantum pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Faktor modifikasi deviasi standar jika data test kurang dari 30

Banyaknya test	Faktor modifikasi standar deviasi
Kurang dari 15	Gunakan tabel 2.3
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Tabel 2.3 kekuatan rata-rata yang diperlukan jika tidak tersedia data untuk menentukan standar deviasi

Kuat desak f'_c (Psi)	Kuat desak rata-rata yang diperlukan f'_{cr}
< 3000	$f'_c + (1000 \text{ Psi})$
3000 – 5000	$f'_c + (1200 \text{ Psi})$
>5000	$f'_c + (1400 \text{ Psi})$

2. Menetapkan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki (lihat tabel 2.4) dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan lihat tabel 2.5). Dari dua hasil tersebut dipilih yang paling rendah.

Tabel 2.4 Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder pada umur 28 hari

Faktor Air Semen	Perkiraan Kuat Tekan (MPa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 2.5 Faktor air semen maksimum

Kondisi	FAS
• Beton didalam ruangan bangunan	
a. keadaan keliling non korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
• Beton diluar ruangan bangunan	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
• Beton yang masuk kedalam tanah	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sifat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
• Beton yang kontinyu berhubungan dengan air	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

3. Menentukan nilai slump dan ukuran maksimum agregat berdasarkan jenis strukturnya (lihat tabel 2.6 dan 2.7).

Tabel 2.6 Nilai slump (cm)

Pemakaian beton	Maks	Min
◆ Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,50	5,00
◆ Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur di bawah tanah	9,00	2,50
◆ Plat, balok, kolom dan dinding	15,00	7,50
◆ Pengerasan jalan	7,50	5,00
◆ Pembetonan masal	7,50	2,50

Tabel 2.7 Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi minimum (mm)	Balok / kolom	Plat
62,50	12,50	20,00
150,00	40,00	40,00
300	40,00	80,00
750	80,00	80,00

4. Menentukan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump (lihat tabel 2.8).

Tabel 2.8 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat (liter)

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25 – 50	206	182	162
75 – 100	226	203	177
150 – 175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

5. Menghitung semen yang dibutuhkan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) sebelumnya,
6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per satuan volume beton berdasarkan ukuran maksimum agregat halusnya (lihat tabel 2.9).

Tabel 2.9 perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus halus pasir

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,40	2.60	2,80	3,00
10	0.46	0.44	0.42	0.40
20	0.65	0.63	0.61	0.59
40	0.76	0.74	0.72	0.70
80	0.84	0.82	0.80	0.78
150	0.90	0.88	0.86	0.84

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah volume air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan (dari tabel 2.8), dengan cara hitungan volume absolut dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{Volume agregat halus} = 1 - (V_a + V_b + V_s + V_u)$$

2.1.4 Kuat Desak Beton

Kuat desak beton adalah kemampuan beton untuk menahan beban dibagi dengan luasan permukaan beton yang menerima beban tersebut. Untuk mendapatkan kuat desak beton tersebut dari masing-masing benda uji digunakan rumus sebagai berikut ini.

$$\text{Kuat desak } f_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$f'_{cr} = \frac{\sum_i^N f_c}{N} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$m = k \cdot s_d \dots \dots \dots (2.15)$$

$$f_c = f'_{cr} - m \dots \dots \dots (2.16)$$

Sedangkan untuk jumlah sampel yang kurang dari 15 buah dapat dihitung dengan rumus pada tabel 2.10 di bawah ini.

Tabel 2.10 Kuat desak karakteristik beton f_c

Kuat desak rencana (Psi)	Kuat desak karakteristik beton f_c
< 3000	$f'_{cr} - (1000 \text{ Psi})$
3000 – 5000	$f'_{cr} - (1200 \text{ Psi})$
>5000	$f'_{cr} - (1400 \text{ Psi})$

1000 Psi = 6,9 MPa

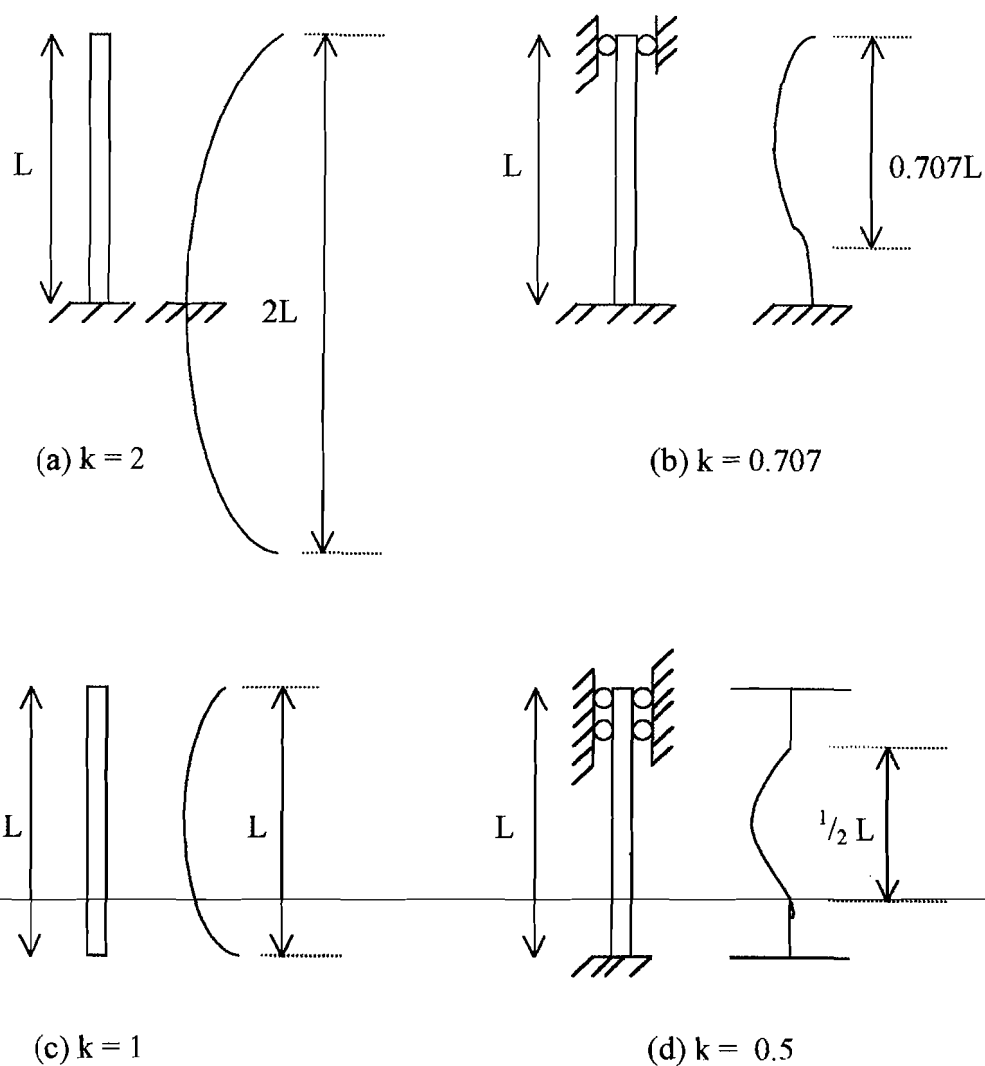
2.1.5 Tekuk Pada Kolom

Akibat pembebanan eksentris (beban tidak tepat pada titik berat penampang) pada kolom, mengakibatkan momen lentur disamping gaya aksial. Momen yang timbul akibat beban eksentris tersebut sebesar M , yang didapat dari beban (P) dikalikan dengan jarak beban ke pusat berat penampang kolom (e). Momen lentur ini dapat bersumbu tunggal (*uniaxial*) seperti kolom eksterior bangunan bertingkat banyak dan kolom bersumbu banyak (*biaxial*) apabila lenturnya terjadi terhadap sumbu X dan sumbu Y seperti kolom yang terletak di pojok bangunan.

Keruntuhan kolom dapat terjadi apabila tulangan bajanya leleh karena tarik atau terjadinya kehancuran pada beton yang tertekan. Selain itu kolom mengalami keruntuhan apabila terjadi kehilangan stabilitas lateral, yaitu terjadi tekuk.

Apabila kolom runtuh karena kegagalan materialnya (yaitu lelehnya baja atau hancurnya beton), kolom ini diklasifikasikan sebagai kolom pendek (*short column*). Apabila panjang kolom bertambah, kemungkinan kolom runtuh karena tekuk semakin besar. Dengan demikian ada suatu transisi dari kolom pendek (runtuh karena material) ke kolom panjang (runtuh karena tekuk) yang terdefinisi dengan menggunakan perbandingan panjang efektif (kl_u) dengan jari-jari girasi (r). Tinggi l_u adalah panjang tak tertumpu (*unsupport length*) kolom, dan k adalah faktor yang tergantung pada kondisi ujung kolom, dan kondisi adalah penahan deformasi lateral atau tidak (untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.2 di halaman berikut ini). Sebagai contoh, adalah kolom yang tidak ada penahan lateral (*unbraced column*), apabila angka $kl_u/r \leq 22$, maka kolom tersebut diklasifikasikan sebagai kolom pendek sesuai dengan kriteria ACI dan SNI. Apabila tidak demikian, kolom tersebut

diklasifikasikan sebagai kolom panjang atau lazim disebut kolom langsing. Angka kl_u/r disebut sebagai angka kelangsingan kolom ($r = \sqrt{I_{\min} / F}$).



Gambar 2.2 Panjang tekuk kolom (Beton Tulang, Prof Ir.R. Rooseno, 50)

2.2 Tinjauan Pustaka

ACI 544.1R, 1982, melaporkan bahwa hasil penelitian kuat leleh beton fiber sangat bervariasi. Hal ini disebabkan oleh beragamnya pengkondisian beban, kriteria

kegagalan, proporsi adukan, tipe fiber, dan persentase volume fiber. Hal ini cukup meyakinkan berbagai macam tipe fiber, ialah bahwa peningkatan kekuatan dengan peningkatan persentase fibernya. Dengan menggunakan volume fiber (v_f) = 2%-3% dari berat semen, $l/d = 70-90$, kuat lenturnya meningkat 10%-30%, seperti dilaporkan Batson dkk, 1972 dan Romualdi, 1965 (ACI 544-82).

Penelitian oleh Jean Francois Trottier, Dudley R., Morgan dan Dean Ferguson (1995), penggunaan serat yang ujungnya dibengkokkan atau yang biasa disebut dengan serat berkait menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibanding dengan serat lurus.

Suhendro (1991), penambahan serat kawat baja pada campuran beton akan memberikan penambahan daktilitas yang terbesar diikuti dengan serat kawat bendrat dan kawat biasa. Volume serat yang digunakan 0,7% dari berat semen.

Suhendro (1991), memperkenalkan konsep beton fiber di Indonesia. Dengan menggunakan bahan lokal yang mudah didapat dan relatif murah, berupa potongan kawat bendrat (yang biasanya digunakan untuk mengikat baja tulangan) dan diameternya sekitar 1 mm, panjang sekitar 60 mm.

G. Spadea and F. Bencardino (1997) Penambahan serat pada adukan beton dengan volume fiber (V_f) = 1% - 2% dari berat semen, akan meningkatkan kuat lentur sebesar 20% - 25%.

Heru Anggoro Adi dkk, 1998, menggunakan serat 0% dan 2% dari berat semen, berhasil meningkatkan kuat desak kolom komposit baja silinder dengan beton serat. Serat yang digunakan adalah kawat bendrat dengan diameternya sekitar 1 mm, panjang 60 mm dan kedua ujungnya dibengkokkan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Persiapan Bahan dan Alat

Bahan dan peralatan yang akan digunakan harus terlebih dahulu dipersiapkan agar dalam pelaksanaan dapat berjalan lancar. Pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium Bahan Teknik FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Sedangkan pengujian dilakukan di laboratorium Uji Bahan Pusat Antar Universitas, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Baja Silinder

Baja yang digunakan dalam penelitian ini berdiameter 112,903 mm dan tebal 1,45 mm. Secara umum keadaan baja masih baru, warna hitam, lonjoran baja masih utuh dengan panjang 6000 mm.

2. Sement Portland

Semen Portland yang digunakan adalah semen tipe I merk Nusantara (berat 50 kg). Kantong semen dalam keadaan tertutup rapat, belum terkena air dan

isinya masih bagus sehingga tidak ada bagian-bagian semen yang menggumpal

3. Pasir dan Batu Pecah

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pasir yang berasal dari sungai Krasak. Kandungan lumpur dalam pasir tersebut relatif sedikit, butiran bersudut tajam dan warna hitam.

Batu pecah yang digunakan juga menggunakan batu pecah yang berasal dari Clereng. Diameter maksimum butir agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 20 mm.

4. Serat Kawat Baja

Serat-serat yang digunakan memakai bahan lokal yang mudah didapat dan relatif murah berupa potongan kawat yang biasa digunakan untuk mengikat tulangan baja. Kawat berdiameter 1 mm dan dipotong-potong dengan panjang 60 mm dan kedua ujungnya dibengkokkan.

5. Air

Air yang digunakan diambil dari air sumur yang terdapat di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.

3.3 Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Mesin uji tekan

Mesin ini digunakan untuk menguji kuat desak beton. Jenis mesin yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kapasitas maksimum 200 ton.

2. Mesin pengaduk beton

Alat ini digunakan untuk mencampur dan mengaduk bahan susun beton sehingga agregat diselimuti oleh pasta semen dengan rata. Mesin pencampur ini terdiri dari drum yang diputar dengan mesin. Kapasitas alat ini dapat mencampur sampai 150 kg adukan beton.

3. Kerucut Abrams

Alat ini digunakan untuk menentukan nilai slump suatu adukan beton. Kerucut ini mempunyai lubang pada kedua ujungnya, dengan diameter atas 100 mm, diameter bawah 200 mm dan tinggi 300 mm.

4. Ayakan

Ayakan digunakan untuk mengetahui nilai Modulus Halus Butiran (MHB) pasir.

5. Timbangan

Alat ini digunakan untuk menimbang bahan-bahan beton sesuai dengan yang diinginkan.

3.4 Pemodelan benda uji

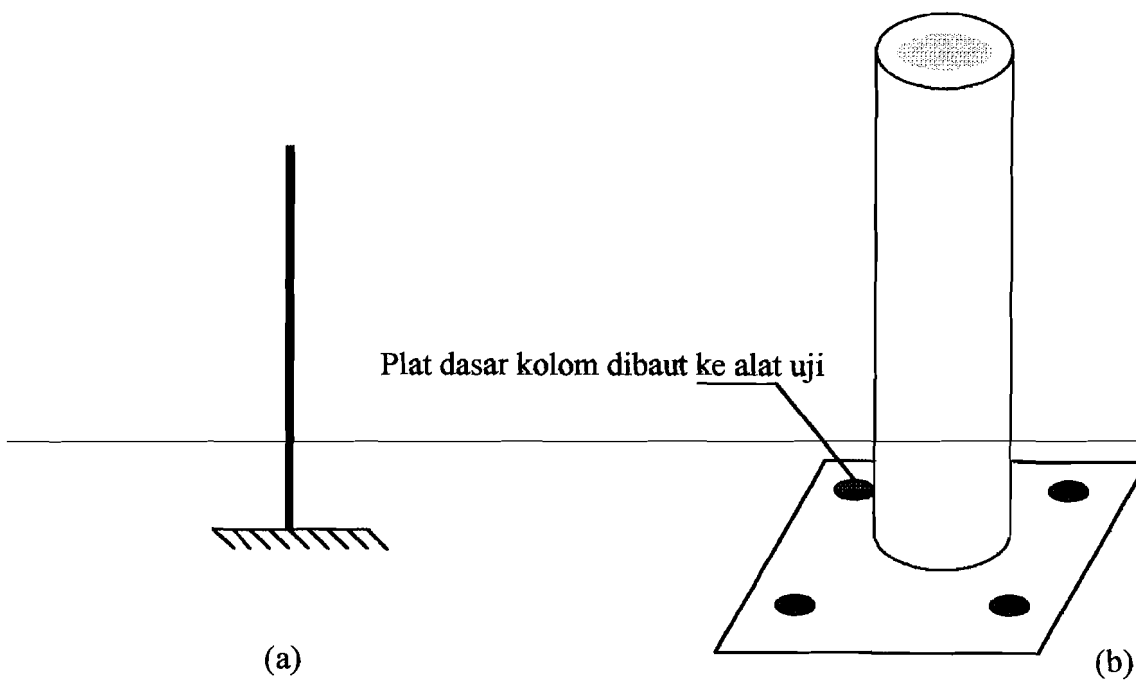
Benda uji berupa kolom komposit dengan beton serat yang memakai pipa berdiameter 112,903 mm, tebal 1,45 mm dan panjang 700 mm, merupakan pemodelan dari kolom bawah. (lihat gambar 1.1a dan b pada halaman berikut ini).

3.5 Variasi sampel

Benda uji desak berupa kolom komposit dengan panjang 700 mm dibuat sebanyak empat buah, untuk masing-masing sampel yang akan diuji sebagai berikut :

1. sampel tanpa serat,
2. sampel dengan serat 1%,
3. sampel dengan serat 2%,
4. sampel dengan serat 3%.

Sedangkan variasi sampel dapat dilihat pada tabel 3.1.



Gambar 3.1 pemodelan kolom komposit

Perencanaan rencana adukan beton yang digunakan adalah perencanaan menurut *American Concrete Institute*. Perhitungannya adalah sebagai berikut ini.

1. Menghitung kuat desak rata-rata.

Berdasarkan tabel 2.2 dan 2.3 , sampel < 15 dan $f'c = 21 \text{ MPa}$ (= 3043,5 Psi)

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'c + (1200 \text{ Psi}) \\ &= 3043,5 + 1200 = 4243,5 \text{ Psi} \\ &= 29,28 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Menetapkan faktor air semen (FAS)

Berdasarkan tabel 2.4 untuk $f'_{cr} = 29,28 \text{ MPa}$ didapat $FAS = 0,5135$

Berdasarkan tabel 2.5 beton yang terlindung dari hujan dan terik matahari langsung didapat $FAS = 0,6$

Dari kedua nilai diatas diambil nilai terkecil yaitu $FAS = 0,5135$

3. Menetapkan nilai slump

Dari tabel 2.6 untuk kolom didapat nilai slump minimum dan maksimum berturut-turut adalah 7,5 cm dan 15 cm.

4. Menetapkan kebutuhan air

Dari tabel 2.8 untuk nilai slump 7,5 – 10 cm dan agregat maksimum 20 mm

didapat : a. kebutuhan air = 203 liter

b. udara terperangkap = 2 %

5. Menghitung kebutuhan semen.

$W_{\text{semen (PC)}} = W_{\text{air}} / FAS$

$W_{\text{pc}} = W_{\text{air}} / FAS = 0,203 / 0,5135 = 0,3953 \text{ ton}$

$V_{\text{pc}} = 0,3953 / 3,15 = 0,1255 \text{ m}^3$

6. Menetapkan berat agregat kasar

Dari tabel 2.9 untuk MHB pasir = 2,8358 dan ukuran maksimum batuan = 20 mm didapat volume agregat kasar = $0,6064 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat kasar} &= \text{BJ batu pecah} \times \text{V batu pecah} \\ &= 1,56 \cdot 0,6064 = 0,9460 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Volume Agregat kasar} = 0,946/2,5 = 0,3784 \text{ m}^3$$

7. Menghitung berat agregat halus.

$$\text{Volume udara terperangkap} = 0,02$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pasir} &= 1 - (\text{V pc} + \text{V air} + \text{V udara terperangkap} + \text{V batu pecah}) \\ &= 1 - (0,1255 + 0,203 + 0,02 + 0,3784) \\ &= 0,2731 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} &= \text{BJ pasir} \times \text{V pasir} \\ &= 2,8 \cdot 0,2731 = 0,7646 \text{ ton} \end{aligned}$$

8. Kebutuhan bahan dalam m^3 adukan beton :

$$\text{W pc} = 0,3953 \text{ ton}$$

$$\text{W air} = 0,2030 \text{ ton}$$

$$\text{W pasir} = 0,7646 \text{ ton}$$

$$\text{W batu pecah} = 0,9460 \text{ ton}$$

Menghitung volume adukan beton yang diperlukan dalam praktikum

$$\begin{aligned} \text{Volume silinder} &= \frac{1}{4} \pi D^2 h \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 11,29^2 \cdot 70 \\ &= 7007,70490 \text{ cm}^3/\text{sampel} \end{aligned}$$

Sampel yang dibutuhkan sebanyak 16 buah, maka volume total silinder adalah :

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 16 \cdot 7007,70490 \\ &= 112123,2784 \text{ cm}^3 \\ &= 0,11212 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume cadangan sebanyak 10 persen, maka volume total

$$\begin{aligned}\text{V total} &= 1,1 \cdot 0,11212 \\ &= 0,12334 \text{ m}^3 \text{ beton}\end{aligned}$$

Menentukan berat (W) masing-masing dalam $0,12334 \text{ m}^3$

$$W_{\text{pc}} = 0,12334 \cdot 395,35 = 48,7565 \text{ kg}$$

$$W_{\text{pasir}} = 0,12334 \cdot 764,64 = 94,3058 \text{ kg}$$

$$W_{\text{air}} = 0,12334 \cdot 203 = 25,0380 \text{ kg}$$

$$W_{\text{batu pecah}} = 0,12334 \cdot 946 = 116,6796 \text{ kg}$$

Dalam perbandingan (PC=1,0) : (Pasir = 1,9342) : (batu pecah = 2,393)

Jadi diperoleh :

$$\text{Volume total adukan (m}^3\text{)} = 0,12334 \text{ m}^3$$

Menghitung volume serat ?

Untuk mempermudah perhitungan (lihat tabel 3.2 pada halaman berikut ini).

Tabel 3.2 Perhitungan prosentase serat

0%	1%	2%	3%
Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4

↓

0%	2%	2%	2%
----	----	----	----

Dari tabel 3.2 didapat serat rata – rata 2% pada 3 dari 4 sampel

Berat serat kawat = $3 / 4 . (2\% . (\text{berat semen}))$

$$= 3 / 4 . (2\% . 48,7563)$$

$$= 0,7313 \text{ kg.}$$

3.6.2 Perencanaan Baja Komposit

Sebelum dilaksanakan uji desak beton komposit, maka perlu direncanakan berapa ukuran diameter yang akan digunakan sesuai dengan batas kemampuan mesin desak. Dalam penelitian ini memakai pipa baja berdiameter 112,903 mm tebal 1,45 mm dan panjang 700 mm, yang merupakan pemodelan dari kolom bawah. Adapun data lain dari hasil pengujian adalah sebagai berikut :

$$f'c = 23,6437 \text{ MPa}$$

$$f_y = 263,7651 \text{ MPa}$$

(data hasil pengujian dan perhitungan f_y dapat di lihat pada lampiran 2)

Ketebalan pipa baja :

$$t \geq D \sqrt{\frac{f_y}{8E}}$$

$$\geq 112,903 \sqrt{\frac{263,7651}{8.2.10^5}}$$

$$= 1,4496 \text{ mm} < 1,450 \text{ mm} \text{ oke...}$$

Luas baja dibanding dengan luas total

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2) \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (112,903^2 - (112,903 - 2 \cdot 1,450)^2) \\ &= 507,7028 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_c &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 110,003^2 \\ &= 9503,8361 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{A_s}{A_s + A_c} = \frac{507,7028}{507,7028 + 9503,8361} = 0,0507 > 4\%$$

$$\begin{aligned} f_{my} &= f_y + 0,85 f'_c A_c/A_s \\ &= 263,7651 + 0,85 \cdot 23,6437 \cdot 9503,8361/507,7028 \\ &= 639,9694 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 145^{1,5} f'_c \\ &= 145^{1,5} \cdot 23,6437 \\ &= 41282,6382 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_m &= E + 0,4 E_c A_c/A_s \\ &= 2 \cdot 10^5 + 0,4 \cdot 41282,6382 \cdot 9503,8361/507,7028 \\ &= 509112,6756 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_m &= \frac{1}{4} \sqrt{D^2 + d^2} \\ &= \frac{1}{4} \sqrt{112,903^2 + 110,003^2} \\ &= 39,4079 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\lambda_c = \frac{k \cdot l}{r_m \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}}$$

$$\lambda_c = \frac{2 \cdot 600}{39,4079 \cdot \pi} \sqrt{\frac{639,9694}{509112,6756}}$$

$$= 0,3437 < 1,5$$

maka :

$$f'_{cr} = \exp^{(-0,419 \cdot \lambda_c)} f_{my}$$

$$= \exp^{(-0,419 \cdot 0,3438)} \cdot 639,9694$$

$$= 554,1127 \text{ MPa}$$

$$\phi_c P_n = 0,85 \cdot A_s \cdot f'_{cr}$$

$$= 0,85 \cdot 507,7028 \cdot 554,1127 = 239125,8997 \text{ N}$$

Menghitung Z (modulus tampang plastis silinder baja)

Untuk lebih jelas lihat gambar 3.2 dan 3.3 pada halaman berikut ini.

$$Y_a = Y_b = \frac{(0,5 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot 112,903^2) \cdot 23,9588) + (0,5 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot 110,003^2) \cdot 23,3434)}{(0,5 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot 112,903^2)) + (0,5 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot 110,003^2))} = 35,4786 \text{ mm}$$

$$J = Y_a + Y_b$$

$$= 35,4786 + 35,4786 = 70,9572 \text{ mm}$$

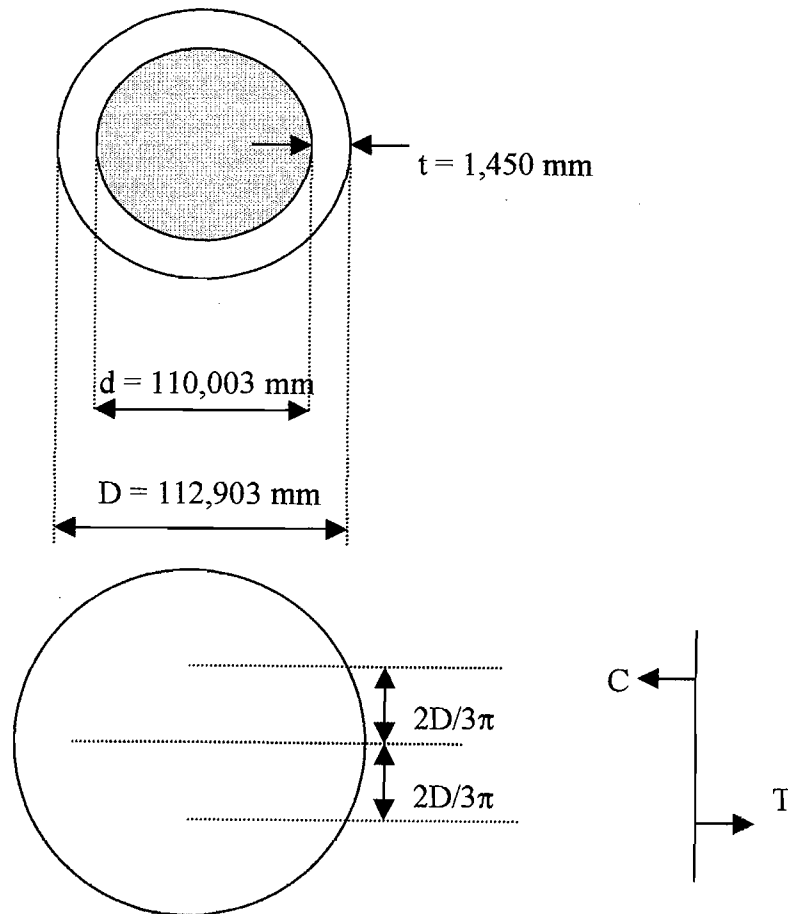
$$C = A \cdot f_y$$

$$= [0,5 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot 112,903^2)] + [0,5 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot 110,003^2)] \cdot f_y$$

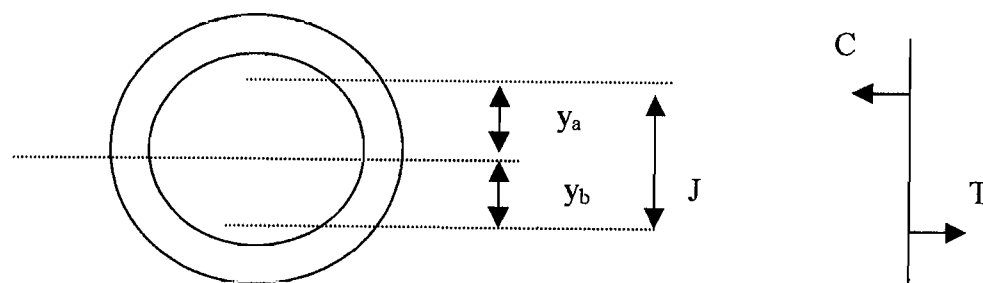
$$= 253,8514 \cdot f_y \text{ (N)}$$

$$M_p = C J$$

$$= 253,8514 \cdot f_y \cdot 70,9572 = 18012,5846 \cdot f_y \text{ (Nmm)}$$



Gambar 3.2 Penampang kolom.



Gambar 3.3 Titik berat penampang kolom

$$Z = \frac{M_p}{f_y}$$

$$Z = \frac{18012,5846 \cdot f_y}{f_y} = 18012,5846 \text{ mm}^3$$

Menghitung M_n

$$\text{Diambil: } \frac{P_u}{\phi_c P_n} > 0,3$$

$$\text{misal: } P_u = 0,3 \phi_c P_n \longrightarrow \phi_c P_n = 239125,8997 \text{ N}$$

$$P_u = 0,3 \cdot 239125,8997$$

$$= 71737,7699 \text{ N}$$

$$\text{diambil: } P_u = 72000 \text{ N } (P_u > 0,3 \phi_c P_n)$$

$$\text{Jadi: } \frac{P_u}{\phi_c P_n} \geq 0,2$$

$$\text{maka dipakai: } \frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} + \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} \right] \leq 1,0$$

$$M_n = M_p = Z f_y + 1/3 (h_2 - 2C_r) A_r f_y r \left[\frac{h_2}{2} - \frac{A_w f_y}{1,7 f'_c h_1} \right] A_w f_y$$

$$\text{untuk pipa} \longrightarrow A_w = 0$$

tidak memakai tulangan pokok $A_r = 0$

sehingga rumusnya menjadi :

$$M_n = M_p = Z \cdot f_y$$

$$= 18012,5846 \cdot 263,7651 = 4751091,178 \text{ Nmm}$$

untuk tinjauan ini dipakai M_u dan M_n saja, karena dalam penelitian ini dipakai pembebanan salah satu arah saja (arah x atau y), atau dianggap beban eksentris bekerja pada salah satu arah tersebut.

$$\text{Maka: } \frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} + \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} \right] \leq 1,0$$

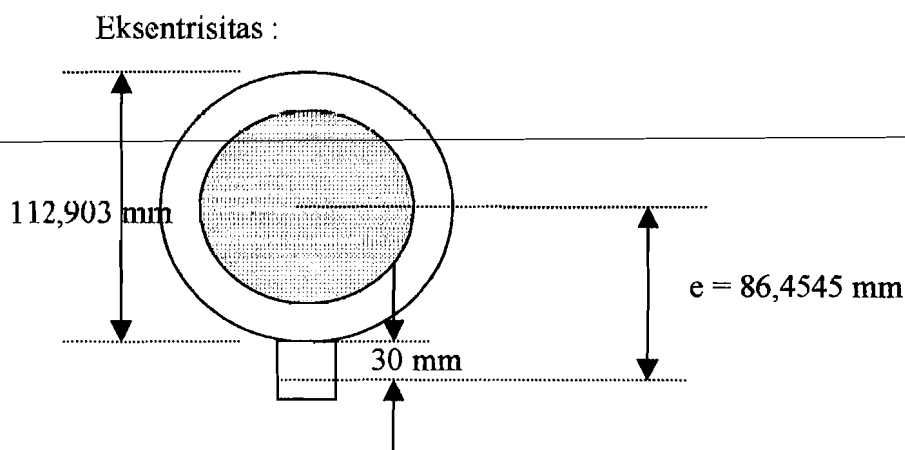
$$\frac{72000}{239125,8997} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{ux}}{0,85 \cdot 4751091,178} \right] \leq 1,0$$

$$0,3010 + \frac{8 M_u}{36345847,51} = 1,0$$

$$\frac{8 M_u}{36345847,51} = 1 - 0,3010$$

$$8 M_u = 25405747,40$$

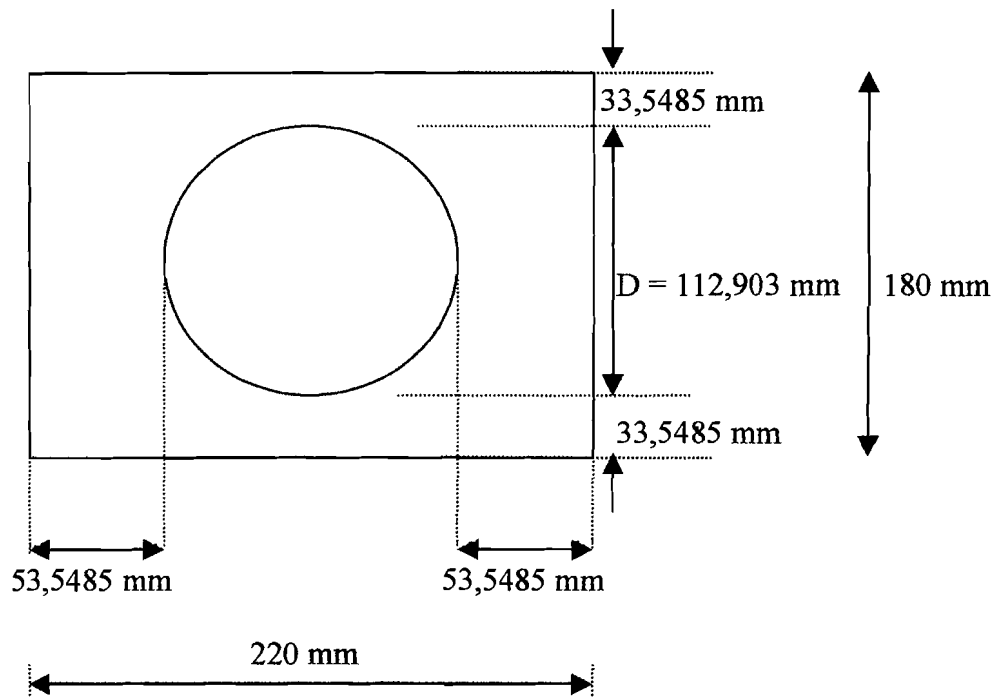
$$M_u = 3175718,426 \text{ Nmm}$$



Gambar 3.4 Eksentrisitas kolom

$$\text{beban } P_u = M_u / e = 3175718,426 / 86,4545 = 36732,8297 \text{ N}$$

Menghitung tebal pelat dasar kolom uji :



Gambar 3.5 Plat dasar kolom

$$f_y = 263,7651 \text{ MPa}, h = 0,5 \cdot 220 = 110 \text{ mm}$$

t = dihitung (tebal plat yang dibutuhkan)?

$$\frac{h}{t} \leq \frac{13800}{\sqrt{f_y(f_y + 16,5)}} \dots\dots (\text{AISC} - 1.10.02)$$

(f_y dalam ksi)

$$\frac{h}{t} \leq \frac{96500}{\sqrt{f_y(f_y + 114)}}$$

(f_y dalam MPa)

$$\frac{110}{t} \leq \frac{96500}{\sqrt{263,7651 (263,7651 + 114)}}$$

$$\frac{110}{t} \leq 305,7087$$

$$t \geq 0,3598 \text{ mm}$$

dipakai tebal plat 6 mm.

BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1 Persiapan Bahan

Sebelum penelitian dilakukan terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan sebagai berikut ini .

1. Pemeriksaan semen dengan pengamatan visual, butiran semen berwarna abu-abu, keadaan halus dan tidak menggumpal.
2. Pemeriksaan air secara visual memenuhi syarat karena air yang dipakai berasal dari aliran PDAM Sleman, sehingga secara kualitas telah memenuhi syarat untuk air adukan beton.
3. Persiapan dan pemeriksaan agregat, meliputi pemilihan butiran, pencucian, penjemuran dan pemisahan butiran berdasarkan butiran dengan menggunakan ayakan.

4.2 Pembuatan Benda Uji

Apabila nilai slump dari adukan tanpa serat telah mencapai nilai yang ditetapkan, maka dengan menggunakan bantuan corong supaya mempermudah memasukan beton ke dalam cetakan, adukan beton dimasukan ke pipa besi sebanyak 16 buah. Penuangan adukan dilakukan sedikit demi sedikit dan ditusuk-tusuk dengan

tongkat baja sebanyak 25 kali dan juga diketuk–ketuk sisi luarnya perlahan–lahan. Begitu pula untuk adukan yang berserat, langkahnya sama dengan adukan tanpa serat.

4.3 Rawatan Benda Uji

Tujuan dari rawatan ini yaitu untuk mencegah terjadinya pelepasan/penguapan air yang berlebihan, karena akan menyebabkan hambatan dalam proses hidrasi. rawatan untuk benda uji komposit dilakukan setelah sehari dicetak kemudian diselimuti dengan menggunakan karung yang telah dibasahi. Untuk benda uji beton silinder standar direndam dengan air. Setelah selesai rawatan, semua benda uji diukur panjang, diameter dan eksentrisitasnya.

4.4 Pengujian Benda Uji

Pengujian kuat desak dilakukan pada benda uji kolom komposit dengan serat dan tanpa serat. Langkah pengujian kuat desak adalah sebagai berikut:

1. benda uji diletakkan pada mesin uji tepat pada titik yang telah dipersiapkan sesuai eksentrisitasnya (lihat gambar 4.1 s/d 4.4 di belakang),
2. beban ditambahkan secara bertahap sampai jarum penunjuk pada mesin uji berhenti,
3. pembebanan maksimum dicatat sesuai dengan skala penunjuk pada alat uji.

4.5 Pengumpulan Data

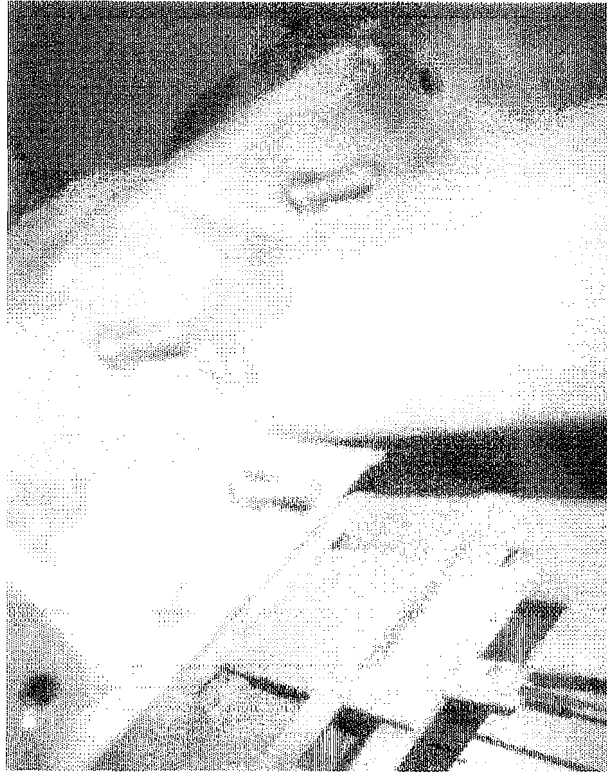
Data yang dicatat adalah beban maksimum sesuai dengan skala petunjuk pada alat uji, simpangan atau defleksi serta data pengamatan fisik berupa kerusakan pada benda uji.

4.6 Pengolahan Data

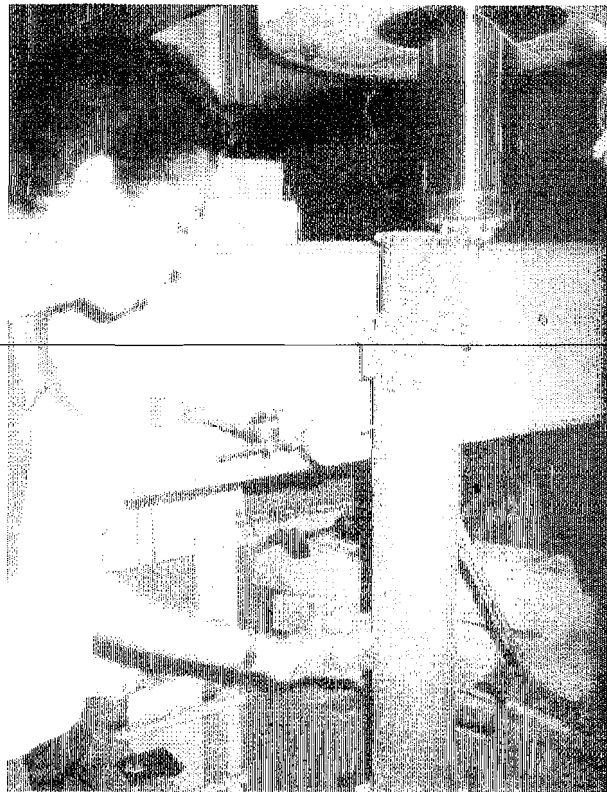
Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah untuk menghitung kekuatan lentur kolom komposit dengan beton serat.



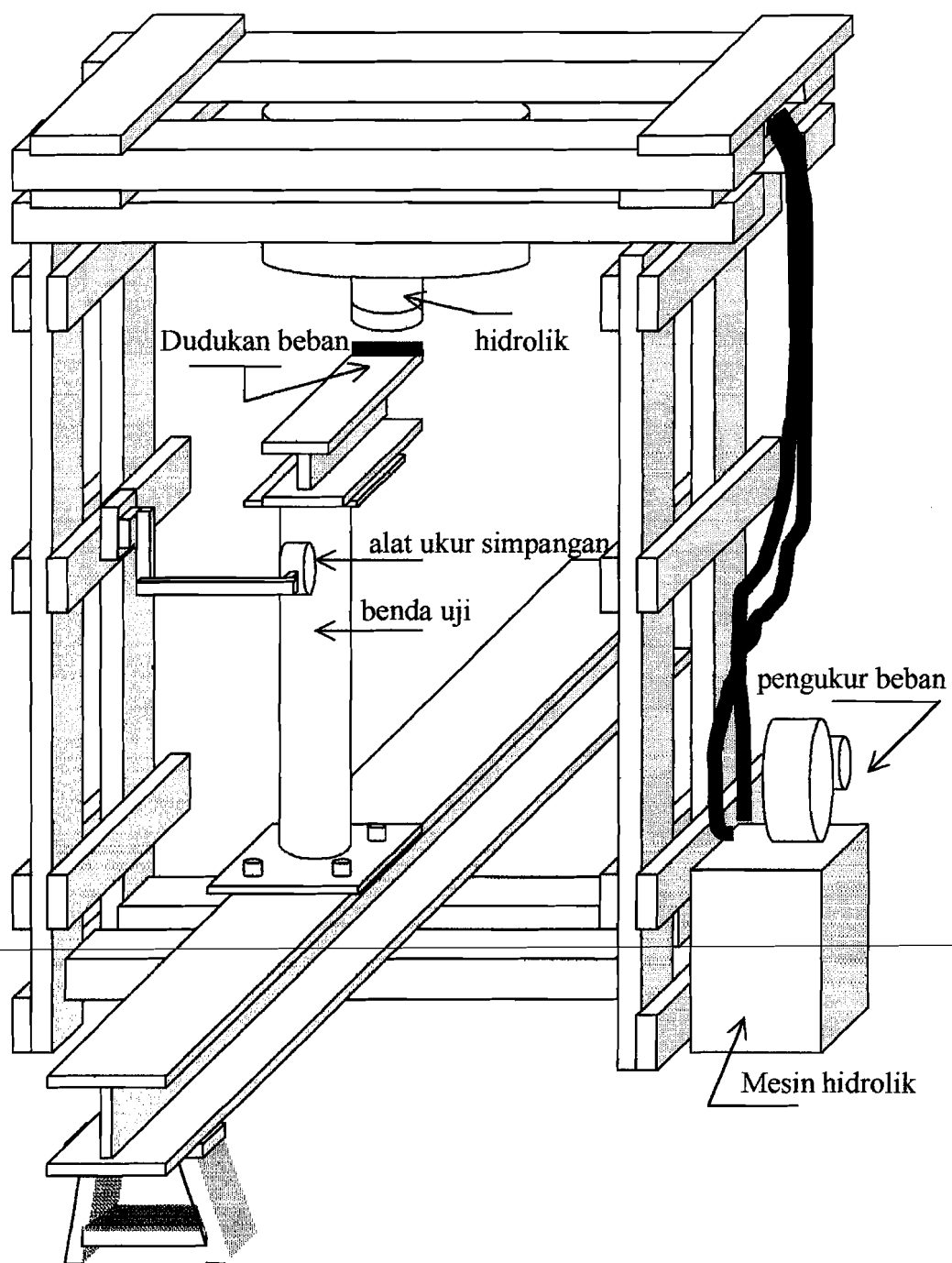
Gambar 4.1 Benda uji kolom komposit



Gambar 4.2 Dudukan plat dasar kolom uji



Gambar 4.3 Persiapan pengujian benda uji



Gambar 4.4 Uji pembebanan

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Benda uji yang digunakan untuk mengetahui kuat desak karakteristik menurut ACI adalah silinder dengan ukuran diameter 150 mm, tinggi 300 mm, sedangkan benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder berdiameter 112,903 mm, tebal 1,45 mm dan tinggi 700 mm.

5.1.1 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Silinder Standar

1. Tipe campuran beton dengan kandungan serat 0 %

Data hasil pengujian untuk benda uji beton silinder standar dengan kandungan serat 0 %, dapat dilihat pada Tabel 5.1. di bawah ini.

Tabel 5.1. Kuat desak beton silinder standar dengan kandungan serat 0 %

Kode benda uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	fc (N/mm ²)	(fc-fcr)	(fc-fcr) ²
OS _A	149,90	300,80	17647,905	580	32,8651	0,9414	0,8862
OS _B	149,75	300,05	17612,603	695	39,4604	7,5367	56,8018
OS _C	150,25	301,30	17730,413	490	27,6361	-4,2876	18,3835
OS _D	150,75	299,10	17848,615	495	27,7332	-4,1905	17,5603
Slump = 15 cm				Total	127,6948		93,6318

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= 127,6948/4 \\ &= 31,9237 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_c &= f_{cr} - (1200 \text{ Psi}) \\
 &= 31,9237 - 8,28 \\
 &= 23,6437 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

2. Tipe campuran beton dengan kandungan serat 1 %

Data hasil pengujian untuk benda uji beton silinder standar dengan kandungan serat 1 %, dapat dilihat pada Tabel 5.2. di bawah ini.

Tabel 5.2. Kuat desak beton silinder standar dengan kandungan serat 1 %

Kode benda uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	fc (N/mm ²)	(fc-fcr)	(fc-fcr) ²
1S _A	148,75	300,00	17612,602	715	40,5959	5,6433	31,8468
1S _B	149,85	300,45	17366,133	630	35,7221	0,7695	0,5921
1S _C	150,30	299,85	17742,215	565	31,8450	-3,1076	9,6572
1S _D	150,10	299,95	17695,028	560	31,6473	-3,3053	10,9250
Slump = 14,5 cm				Total	139,8103		53,0211

$$\begin{aligned}
 f_{cr} &= 139,8103/4 \\
 &= 34,9526 \text{ N/mm}^2 \\
 f_c &= 34,9526 - 8,28 \\
 &= 26,6726 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

3. Tipe campuran beton dengan kandungan serat 2%

Data hasil pengujian untuk benda uji beton silinder standar dengan kandungan serat 2 %, dapat dilihat pada Tabel 5.3. di halaman berikut ini.

Tabel 5.3. Kuat desak beton silinder standar dengan kandungan serat 2 %

Kode benda uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	fc (N/mm ²)	(fc-fcr)	(fc-fcr) ²
2S _A	150,60	300,15	17813,113	640	35,9286	-1,2006	1,4414
2S _B	150,30	300,50	17742,215	740	41,7084	4,5793	20,9700
2S _C	151,50	301,45	18026,655	660	36,6124	-0,5168	0,2671
2S _D	150,55	298,10	17801,287	640	34,2672	-2,8620	8,1910
Slump = 13 cm				Total	148,5166		30,8695

$$f'_{cr} = 148,5166/4$$

$$= 37,1292 \text{ N/mm}^2$$

$$f'_c = 37,1292 - 8,28$$

$$= 28,8492 \text{ N/mm}^2$$

4. Tipe campuran beton dengan kandungan serat 3 %

Data hasil pengujian untuk benda uji beton silinder standar dengan kandungan serat 3 %, dapat dilihat pada Tabel 5.4. di bawah ini.

Tabel 5.4. Kuat desak beton silinder standar dengan kandungan serat 3 %

Kode benda uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	Fc (N/mm ²)	(fc-fcr)	(fc-fcr) ²
3S _A	150,75	299,90	17848,615	690	38,6585	-0,7904	0,0843
3S _B	150,20	300,65	17718,614	695	39,2243	0,2754	0,0758
3S _C	149,55	300,55	17565,589	660	37,5735	-1,3754	1,8917
3S _D	150,75	300,35	17848,615	720	40,3393	1,3904	1,9332
Slump = 12,5 cm				Total	155,7956		3,9850

$$f'_{cr} = 155,7956/4$$

$$= 38,9489 \text{ N/mm}^2$$

$$f'_c = 38,9489 - 8,28 = 30,6689 \text{ N/mm}^2$$

Perbandingan kuat desak karakteristik beton silinder standar dengan variasi kandungan serat dapat dilihat pada Tabel 5.5 di bawah ini. Sedangkan untuk hasil regresi kuat desak beton silinder standar dapat dilihat pada lampiran 3.

Tabel 5.5. Perbandingan kuat desak karakteristik beton

Kandungan serat	0%	1%	2%	3%
Kuat desak $f'c$ (N/mm ²)	23,6437	26,6726	28,8492	30,6689
Prosentase $f'c$ Terhadap beton biasa (kandungan serat 0%)	100%	112,8106%	122,0160%	129,7127%

5.1.2 Hasil Pengujian Kuat Desak Kolom Komposit

1. Kuat desak kolom komposit dengan kandungan serat 0 %

Data hasil pengujian kuat desak untuk benda uji kolom komposit dengan kandungan serat 0 %, dapat dilihat pada Tabel 5.6. dibawah ini.

Tabel 5.6 Kuat desak kolom komposit dengan kandungan serat 0 %

Kode benda Uji	Eksentrisitas (mm)	Beban Eksentris (N)	Momen (N.mm)	Beban Sentris (N)
OK _A	87,95	150.10 ³	13192,50.10 ³	430.10 ³
OK _B	86,95	175.10 ³	15216,25.10 ³	580.10 ³
OK _C	87,45	160.10 ³	13992,00.10 ³	540.10 ³
OK _D	86,75	190.10 ³	16482,50.10 ³	580.10 ³
Total			58883,25.10 ³	2130.10 ³

Kekuatan rata-rata kolom komposit dengan kandungan serat 0 % :

a. Momen maksimal rata-rata yang mampu ditahan

$$M_{\max} \text{ rata-rata} = 58883,25.10^3 / 4 = 14720,56250.10^3 \text{ Nmm}$$

b. Beban sentris maksimal rata-rata yang masih mampu ditahan setelah mencapai momen maksimal

$$P_{\max} \text{ rata-rata} = 2130.10^3 / 4 = 532,50.10^3 \text{ N}$$

2. Kuat desak kolom komposit dengan kandungan serat 1%

Data hasil pengujian kuat desak untuk benda uji kolom komposit dengan kandungan serat 1 %, dapat dilihat pada Tabel 5.7. di halaman berikut.

Tabel 5.7 Kuat desak kolom komposit dengan kandungan serat 1 %

Kode benda Uji	Eksentrisitas (mm)	Beban Eksentris (N)	Momen (Nmm)	Beban Sentris (N.mm)
1K _A	87,65	180.10 ³	15777,00.10 ³	570.10 ³
1K _B	87,45	180.10 ³	15741,00.10 ³	540.10 ³
1K _C	88,15	160.10 ³	14104,00.10 ³	560.10 ³
1K _D	86,95	190.10 ³	16520,50.10 ³	560.10 ³
Total			62142,50.10 ³	2230.10 ³

Kekuatan rata-rata kolom komposit dengan kandungan serat 1 % :

a. Momen maksimal rata-rata yang mampu ditahan

$$M_{\max} \text{ rata-rata} = 62142,50.10^3 / 4 = 15535,625.10^3 \text{ Nmm}$$

b. Beban sentris maksimal rata-rata yang masih mampu ditahan setelah mencapai momen maksimal

$$P_{\max} \text{ rata-rata} = 2230.10^3 / 4 = 557,5.10^3 \text{ N}$$

3. Kuat desak kolom komposit dengan kandungan serat 2 %

Data hasil pengujian kuat desak untuk benda uji kolom komposit dengan kandungan serat 2 %, dapat dilihat pada Tabel 5.8. dibawah ini.

Tabel 5.8 Kuat desak kolom komposit dengan kandungan serat 2 %

Kode benda Uji	Eksentrisitas (mm)	Beban Eksentris (N)	Momen (N.mm)	Beban Sentris (N)
2K _A	87,15	200.10 ³	17430,00.10 ³	660.10 ³
2K _B	88,25	155.10 ³	13678,75.10 ³	640.10 ³
2K _C	87,45	180.10 ³	15741,00.10 ³	600.10 ³
2K _D	87,45	180.10 ³	15742,00.10 ³	600.10 ³
Total			62590,70.10 ³	2500.10 ³

Kekuatan rata-rata kolom komposit dengan kandungan serat 2 % :

- a. Momen maksimal rata-rata yang mampu ditahan

$$M_{\max} \text{ rata-rata} = 58883,25 \cdot 10^3 / 4 = 15647,67500 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

- b. Beban sentris maksimal rata-rata yang masih mampu ditahan setelah mencapai momen maksimal

$$P_{\max} \text{ rata-rata} = 2500 \cdot 10^3 / 4 = 625 \cdot 10^3 \text{ N}$$

4. Kuat desak kolom komposit dengan kandungan serat 3 %

Data hasil pengujian kuat desak untuk benda uji kolom komposit dengan kandungan serat 3 %, dapat dilihat pada Tabel 5.9. dibawah ini.

Tabel 5.9 Kuat desak kolom komposit dengan kandungan serat 3 %

Kode benda Uji	Eksentrisitas (mm)	Beban Eksentris (N)	Momen (N.mm)	Beban Sentris (N)
3K _A	85,55	250.10 ³	21387,50.10 ³	640.10 ³
3K _B	87,75	190.10 ³	16672,50.10 ³	620.10 ³
3K _C	86,95	200.10 ³	17390,00.10 ³	680.10 ³
3K _D	87,45	200.10 ³	17490,00.10 ³	660.10 ³
Total			72940,00.10 ³	2600.10 ³

Kekuatan rata-rata kolom komposit dengan kandungan serat 3 % :

- a. Momen maksimal rata-rata yang mampu ditahan

$$M_{\max} \text{ rata-rata} = 72940,002500 \cdot 10^3 \cdot 10^3 / 4 = 18235,00 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

- b. Beban sentris maksimal rata-rata yang masih mampu ditahan setelah mencapai momen maksimal

$$P_{\max} \text{ rata-rata} = 2600 \cdot 10^3 / 4 = 650 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Hasil regresi kuat desak kolom komposit terhadap beban eksentris maupun sentris dapat dilihat pada lampiran 3.

5.2 Pembahasan

5.2.1 Workabilitas Adukan Beton

Sesuai dengan perbandingan yang telah direncanakan dengan variasi serat tertentu, dilakukan pencampuran adukan kedalam mesin pencampur untuk setiap variasi, pengukuran workabilitas adukan diuji dan dicatat yaitu nilai slump seperti yang tercantum didalam Tabel 5.10 di halaman berikut ini .

Secara keseluruhan nilai slump untuk semua variasi memenuhi slump rencana seperti yang direkomendasikan dalam metode ACI yaitu nilai slump untuk kolom antara 7,5 cm – 15,0 cm. Nilai slump yang berbeda-beda disebabkan karena pengaruh penambahan serat pada adukan beton. Pada adukan beton dengan kandungan serat lebih besar akan menghasilkan nilai slump lebih rendah. Dengan demikian workabilitas adukan beton tersebut semakin rendah pula.

Tabel 5.10 Nilai slump untuk setiap variasi

Kandungan Serat	Slump
0 %	15,0 cm
1 %	14,5 cm
2 %	13,0 cm
3 %	12,5 cm

5.2.2 Tipologi Kerusakan Benda Uji Setelah Pengujian

Benda uji kolom setelah diberi beban maka akan mengalami kerusakan, sehingga tipologi kerusakannya dapat diuraikan sebagai berikut ini.

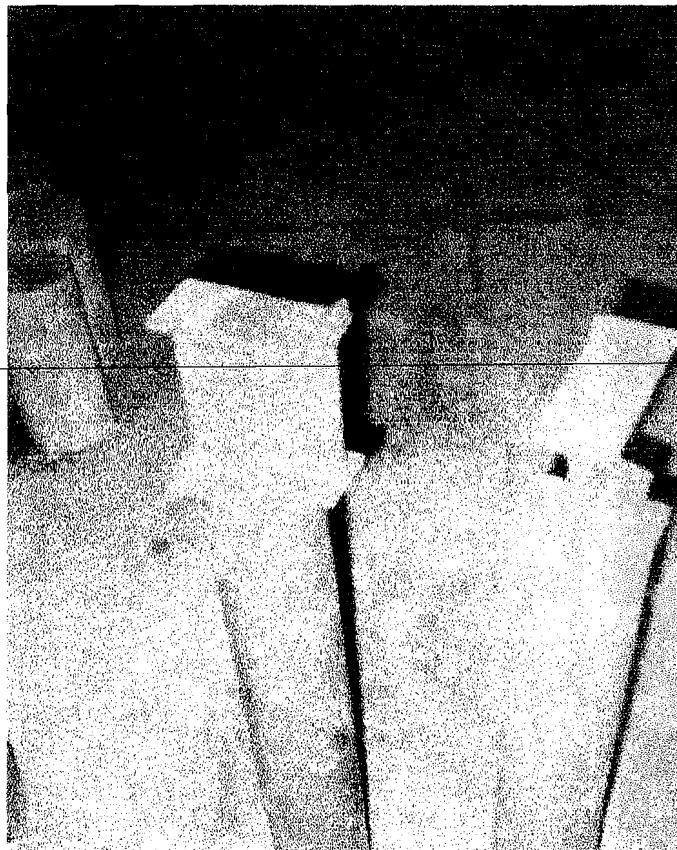
1. Benda uji mengalami kerusakan pada bagian atas yaitu berupa pembengkokan saat dibebani dengan pembebanan eksentris. Kerusakan kolom ini disebabkan



karena kehilangan stabilitas lateral yaitu terjadi tekuk yang cukup besar ($Kl_u/r = 42,5155) > 22.$)

2. Tekuk terjadi pada daerah 100 mm s/d 150 mm di bagian ujung atas kolom, hal ini disebabkan karena terjadinya konsentrasi tegangan di daerah tersebut.
3. Setelah pembebanan eksentris mencapai beban maksimum dan kemudian benda uji tersebut diuji lagi dengan pembebanan sentris, terjadi pengelembungan pada bagian badan dan ujung atas kolom, hal ini menandakan bahwa kolom tidak lagi mampu menahan beban yang diberikan. Pengelembungan ini terjadi di semua sisi (sekcliling badan) kolom, hal ini akibat dari pembebanan sentris.

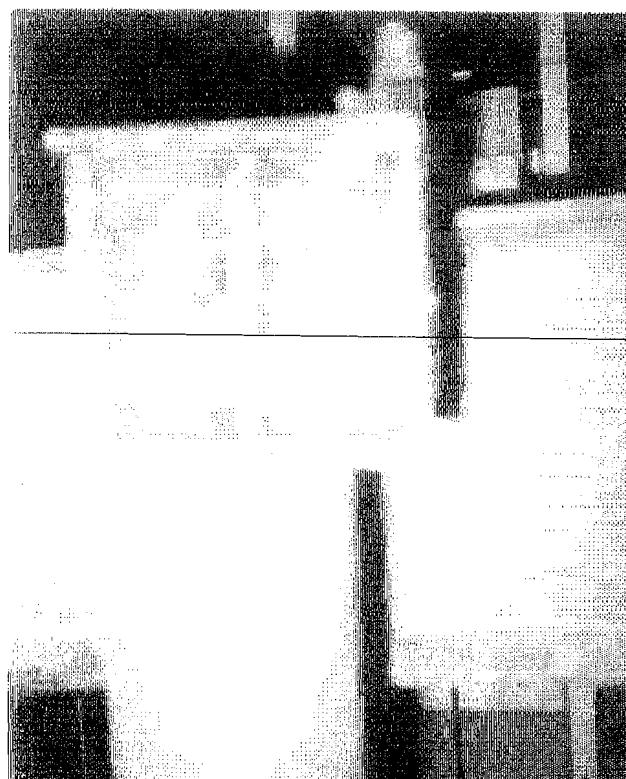
Untuk memperjelas uraian di atas lihat gambar 5.1 dan 5.8 berikut ini.



Gambar 5.1 Keadaan benda uji sebelum pengujian



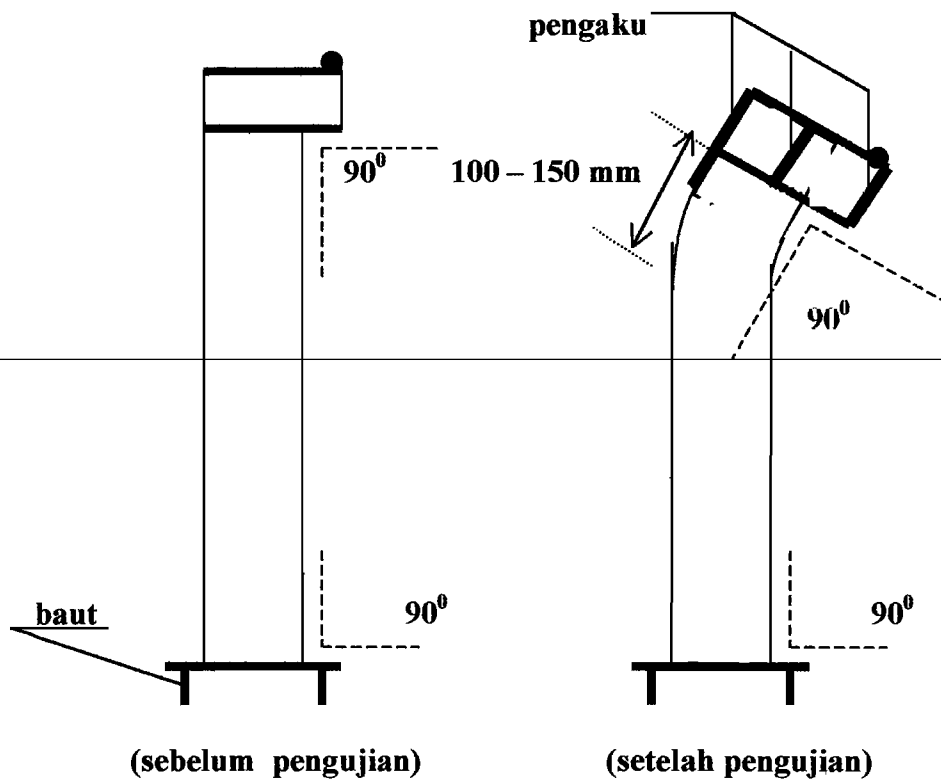
Gambar 5.2 Keadaan benda uji setelah pengujian dengan pembebanan eksentris



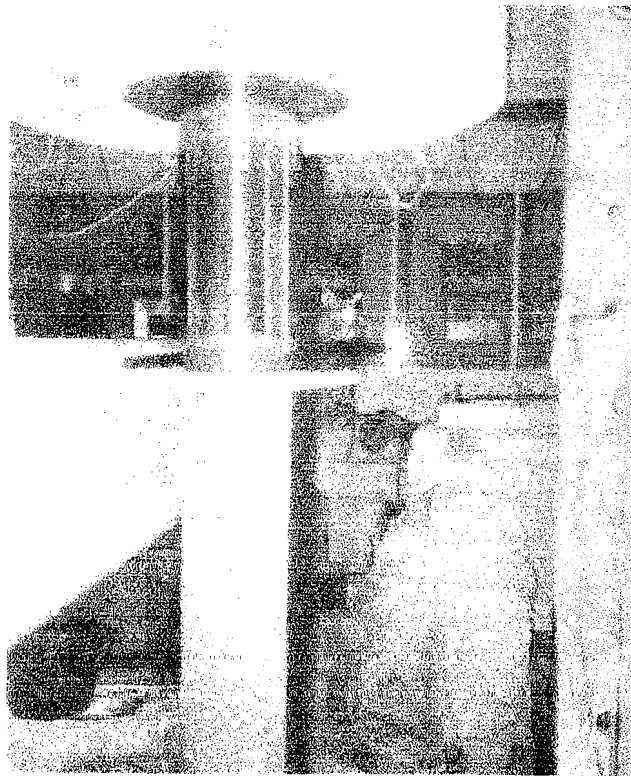
Gambar 5.3 Keadaan bagian ujung atas benda uji sebelum pengujian



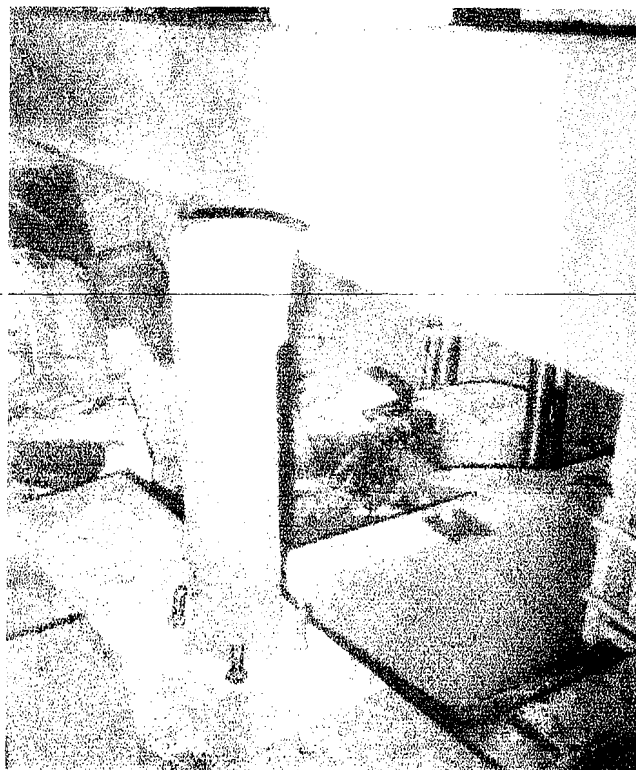
Gambar 5.4 Keadaan bagian ujung atas benda uji setelah pengujian dengan pembebanan eksentris



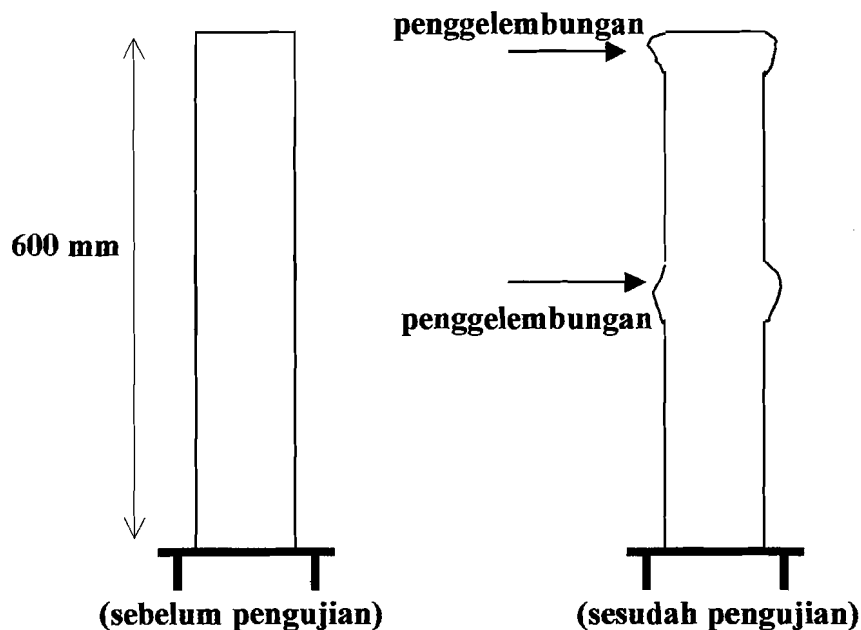
Gambar 5.5 Tipologi kerusakan benda uji dengan pembebanan eksentris.



Gambar 5.6 Keadaan benda uji sebelum pengujian dengan beban sentris



Gambar 5.7 Keadaan benda uji setelah pengujian dengan pembebanan sentris



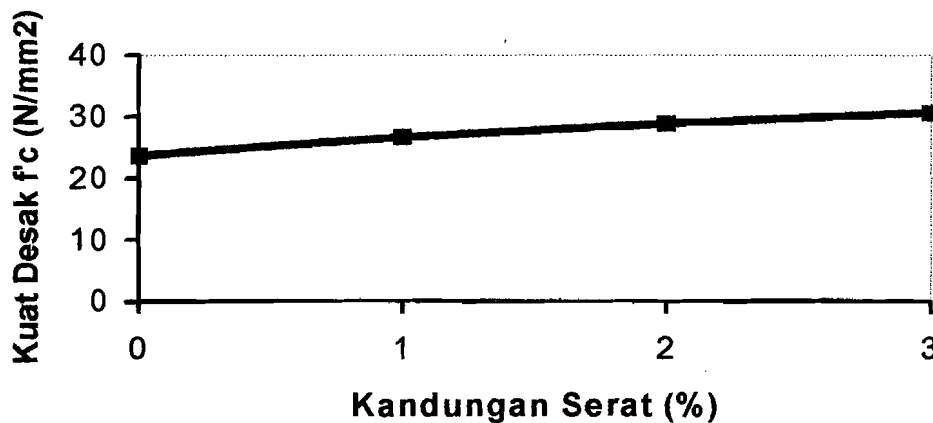
Gambar 5.8 Tipologi kerusakan benda uji dengan pembebanan sentris

5.2.3 Kuat Desak

1. Kuat Desak Silinder Beton Standar

Penambahan serat pada adukan beton menyebabkan peningkatan kuat desak karakteristik beton. Pada waktu pembebanan akan timbul regangan yang mengakibatkan pembengkakan dan retak-retak pada beton. Hal ini diakibatkan karena beton silinder standar yang dibebani sentris tidak lagi mampu menahan tegangan yang terjadi, sehingga didalam beton terjadi gaya tarik sampai terjadi keruntuhan beton. Serat yang ditambahkan pada adukan akan membantu menahan gaya tarik yang timbul, sehingga akan meningkatkan kuat desaknya. Semakin banyak kandungan serat semakin tinggi kuat desaknya. Pada beton tanpa serat mempunyai nilai $f'_c = 23,6437$ MPa, kemudian beton dengan kandungan serat 1 % terjadi peningkatan kuat desak sebesar 3,0289 MPa (12,8106 %), untuk beton dengan

kandungan serat 2 % terjadi peningkatan pula sebesar 5,2055 MPa (22,0160 %), sedangkan untuk beton dengan kandungan serat 3 % terjadi peningkatan kuat desak sebesar 7,0252 MPa (29,7127 %). Untuk lebih jelasnya lihat gambar 5.9 di bawah ini.



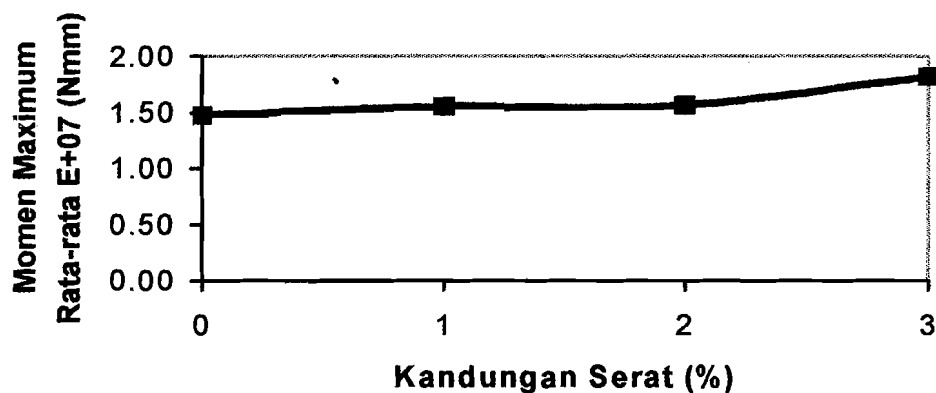
Gambar 5.9 Grafik hubungan kandungan serat dengan kuat desak karakteristik beton.

2. Kuat Desak Kolom Komposit

a. Kuat Desak Kolom Komposit Terhadap Beban Eksentris

Penambahan serat yang disebar merata pada adukan beton mengakibatkan peningkatan kapasitas dukung momen kolom komposit. Momen mengakibatkan timbulnya tegangan, dengan demikian penampang kolom akan menjadi daerah tarik dan tekan. Serat yang ditambahkan pada adukan akan membantu beton pada bagian tarik menahan gaya tarik yang timbul, sehingga kekuatan beton menahan gaya tarik tersebut akan meningkat. Hal ini sangat berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan kolom komposit secara keseluruhan. Semakin banyak kandungan serat, maka akan menghasilkan tahanan momen yang lebih tinggi. Pada benda uji tanpa kandungan

serat menghasilkan momen maksimum rata-rata sebesar $14720,5625 \cdot 10^3$ Nmm, kemudian dengan kandungan serat 1 % terjadi peningkatan momen maksimum rata-rata sebesar $815,0625 \cdot 10^3$ Nmm (4,6230 %), selanjutnya dengan kandungan serat 2 % terjadi peningkatan momen maksimum rata-rata sebesar $927,1125 \cdot 10^3$ Nmm (6,3002 %), sedangkan dengan kandungan serat 3 % terjadi peningkatan momen maksimum rata-rata sebesar $3514,4375 \cdot 10^3$ Nmm (23,6038 %). Untuk lebih jelasnya lihat gambar 5.10 di bawah ini.

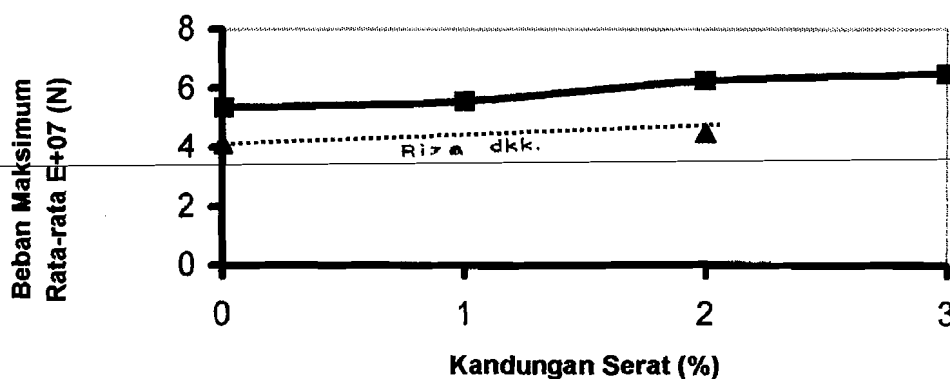


Gambar 5.10 Grafik hubungan kandungan serat dengan kapasitas momen

b. Kuat Desak Kolom Komposit Terhadap Beban Sentris

Seperti halnya pada pembebanan eksentris, yaitu dengan menambahkan serat pada adukan beton akan terjadi pula peningkatan beban sentris maksimal yang mampu ditahan kolom komposit. Akibat pembebanan sentris, maka terjadi penggelembungan pada bagian badan dan ujung atas kolom pada saat pembebanan mencapai maksimum. Hal ini disebabkan karena pada saat pembebanan kolom akan

menerima tegangan dan akan menimbulkan regangan. Akibat regangan yang terjadi akan timbul gaya tarik pada beton. Serat yang ditambahkan akan membantu menahan gaya tarik yang timbul akibat regangan tersebut, sehingga kekuatan beton akan meningkat. Hal ini berpengaruh pada kolom komposit secara keseluruhan. Semakin banyak kandungan serat, maka akan semakin tinggi kuat desaknya. Pada benda uji tanpa kandungan serat menghasilkan beban sentris maksimum rata-rata yang masih mampu ditahan sebesar $532,50 \cdot 10^3$ N, kemudian dengan kandungan serat 1% terjadi peningkatan beban maksimum rata-rata sebesar $25,00 \cdot 10^3$ N (8,3781 %), selanjutnya dengan kandungan serat 2% terjadi peningkatan beban maksimum rata-rata sebesar $92,6030 \cdot 10^3$ N (17,3709 %), sedangkan dengan kandungan serat 3% terjadi peningkatan beban maksimum sebesar $117,50 \cdot 10^3$ N (22,0658 %). Untuk lebih jelasnya lihat gambar 5.11 di bawah ini.



Gambar 5.11 Grafik hubungan kandungan serat dengan beban sentris maksimum

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai slump yang berbeda-beda disebabkan karena pengaruh penambahan serat pada adukan beton, semakin besar prosentase berat serat akan semakin kecil nilai kelecakannya (workability rendah).
2. Penambahan serat pada adukan beton menyebabkan peningkatan kuat desak karakteristik beton. Pada beton tanpa serat mempunyai nilai $f'_c = 23,6437$ MPa, kemudian beton dengan kandungan serat 1% terjadi peningkatan kuat desak sebesar 3,0289 MPa (12,8106 %), untuk beton dengan kandungan serat 2% terjadi peningkatan sebesar 5,2055 MPa (22,0160 %), sedangkan untuk beton dengan kandungan serat 3 % terjadi peningkatan sebesar 7,0252 MPa (29,7127 %).
3. Penambahan serat pada adukan beton menyebabkan peningkatan kekuatan kolom komposit terhadap pembebanan eksentris. Pada benda uji tanpa serat mampu mendukung momen sebesar $14720,5625 \cdot 10^3$ Nmm, kemudian dengan kandungan serat 1% terjadi peningkatan kuat desak sebesar $815,0625 \cdot 10^3$ Nmm (4,6230 %),

dengan kandungan serat 2% terjadi peningkatan sebesar $927,1125 \cdot 10^3$ Nmm (6,3002 %), sedangkan dengan kandungan serat 3 % terjadi peningkatan sebesar $3514,4375 \cdot 10^3$ Nmm (23,6038 %).

4. Setelah mencapai kekuatan maksimum menahan beban eksentris, kolom uji masih mampu menahan beban sentris yang cukup besar dan terus meningkat kapasitasnya seiring dengan penambahan kandungan serat yang diberikan. Pada benda uji tanpa serat masih mampu menahan beban sentris maksimum rata-rata sebesar $532,50 \cdot 10^3$ N, kemudian dengan kandungan serat 1% terjadi peningkatan beban maksimum rata-rata sebesar $25,00 \cdot 10^3$ N (8,3781 %), selanjutnya dengan kandungan serat 2% terjadi peningkatan beban maksimum rata-rata sebesar $92,6030 \cdot 10^3$ N (17,3709 %), sedangkan dengan kandungan serat 3% terjadi peningkatan beban maksimum sebesar $117,50 \cdot 10^3$ N (22,0658 %)
5. Tidak terjadi kerusakan pada bagian badan dan bawah kolom akibat pembebanan eksentris.
6. Akibat pembebanan eksentris terjadi tekuk (*buckling*).
7. Penggelembungan (*buckling* pada semua sisinya) terjadi pada bagian badan dan atau ujung atas kolom bila kolom dibebani dengan pembebanan sentris.

6.2 Saran

Saran-saran yang dapat disampaikan dari hasil penelitian, pembahasan dan kesimpulan adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menempatkan alat *strain gauge* pada badan kolom, sehingga akan diperoleh lebih banyak data yang penting dan lebih akurat pada titik-titik tertentu.
 2. Perlu penelitian lebih lanjut dengan variasi serat yang lebih banyak, sehingga didapat data optimum serat yang perlu ditambahkan.
 3. Perlu penelitian lebih jauh mengenai pengaruh penambahan serat terhadap tegangan dan regangan yang terjadi pada beton.
 4. Perlu penelitian lebih lanjut untuk membandingkan pengaruh berbagai model dan macam serat yang mungkin ditambahkan pada beton.
 5. Perlu ditambahkan sistem perkuatan pada daerah ujung atas kolom, sehingga kolom akan semakin kuat. Hal ini dikarenakan konsentrasi tegangan terjadi di daerah tersebut yang berakibat terjadinya *buckling*.
-

DAFTAR PUSTAKA

AISC, 1989, *MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION ALLOWABLE STRESS DESIGN*, Ninth Edition, AISC.

Ganjanan M. Sabinis, Ph.D., P.E., 1979, *HAND BOOK OF COMPOSITE CONSTRUCTION ENGINEERING*, Van Nostrsd Reinhold Company, New York.

G. Spadea and F. Bencardinoi, 1997, *BEHAVIOR REINFORCED CONCRETE BEAM UNDER CYCLIC LOADING*, Jurnal Of Enggineering, Vol.123, No.5, pp.660-668.

Suhendro, B., 1991, *PENGARUH FIBER KAWAT PADA SIFAT-SIFAT BETON*, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian Universitas Gajahmada, Yogyakarta.

R. Rooseno, Prof., Ir., 1954, *BETON TULANG*, cetakan ketiga, PT. Pembangunan, Jakarta.

Riza S., Heru A., 1998, *KEKUATAN DESAK KOLOM KOMPOSIT BAJA SILINDER DENGAN BETON SERAT SETELAH DIBAKAR*, Laporan penelitian, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

LAMPIRAN

HASIL PENGUJIAN MHB AGGREGAT HALUS

Tabel 1.1 Hitungan modulus halus butir agregat

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal komulatif (%)
4,75	302,20	15,1631	15,1631
2,36	64,30	3,2263	18,3894
1,18	171,80	8,6202	27,0096
0,60	444,30	22,2930	49,3076
0,30	487,00	24,4355	73,7381
0,50	386,40	19,3879	93,1260
Sisa	137,00	6,8740	-----
Jumlah	1993,00	100%	276,7288

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{276,7288}{100} = 2,7673$$

Tabel 1.2 Hitungan modulus halus butir agregat

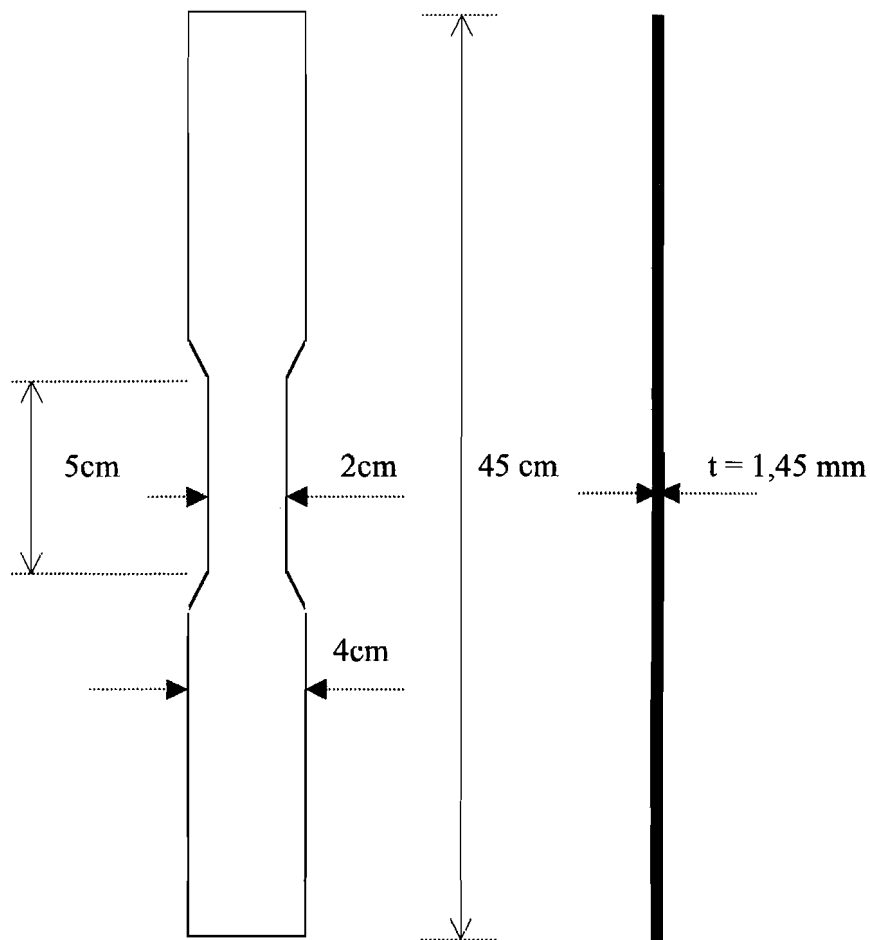
Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal komulatif (%)
4,75	320,40	15,3331	15,3331
2,36	166,00	2,9441	23,2772
1,18	168,50	8,0638	31,3410
0,60	436,50	20,8892	52,2302
0,30	486,00	23,2580	75,4882
0,50	381,90	18,2762	93,7644
Sisa	130,30	6,2356	-----
Jumlah	2089,60	100%	290,4341

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{299,4341}{100} = 2,9043$$

Jadi rata-rata modulus halus butir agregat adalah :

$$\frac{(2,7673 + 2,9043)}{2} = 2,8358$$

HASIL PENGUJIAN BAJA SILINDER



(Gambar sampel benda uji baja tarik)

Tabel hasil uji tarik baja

Sampel	Beban luluh (Kg)	Beban maksimal (Kg)	Beban patah (Kg)
A	725	4550	490
B	815	4950	50
C	780	5200	650
D	800	5425	170

Perhitungan F_y :

$$F_y = \frac{P \text{ luluh}}{\text{luas bidang tarik}}$$

1. sampel A

$$F_y = \frac{725}{0,29} = 2500 \text{ Kg/cm}^2$$

2. sampel B

$$F_y = \frac{815}{0,29} = 2810,3448 \text{ Kg/cm}^2$$

3. sampel C

$$F_y = \frac{780}{0,29} = 2689,6552 \text{ Kg/cm}^2$$

4. sampel D

$$F_y = \frac{800}{0,29} = 2758,6207 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_y \text{ rata-rata} = \frac{(2500 + 2810,3448 + 2689,6552 + 2758,6207)}{4} = 2689,6552 \text{ Kg/cm}^2$$
$$= 263,7651 \text{ MPa}$$

REGRESI KUAT DESAK BETON SILINDER STANDAR							
X_i	Y_i	Y_i^2	X_i^2	X_i^3	X_i^4	$X_i Y_i$	$X_i^2 Y_i$
0	32.86510	1080.11480	0	0	0	0	0
0	39.46040	1557.12317	0	0	0	0	0
0	27.63610	763.75402	0	0	0	0	0
0	27.73320	769.13038	0	0	0	0	0
1	40.59590	1648.02710	1	1	1	40.5959	40.5959
1	35.72210	1276.06843	1	1	1	35.7221	35.7221
1	31.84500	1014.10403	1	1	1	31.8450	31.8450
1	31.64730	1001.55160	1	1	1	31.6473	31.6473
2	35.92860	1290.86430	4	8	16	71.8572	143.7144
2	41.70840	1739.59063	4	8	16	83.4168	166.8336
2	36.61240	1340.46783	4	8	16	73.2248	146.4496
2	34.26720	1174.24100	4	8	16	68.5344	137.0688
3	38.65850	1494.47962	9	27	81	115.9755	347.9265
3	39.22430	1538.54571	9	27	81	117.6729	353.0187
3	37.57350	1411.76790	9	27	81	112.7205	338.1615
3	40.33930	1627.25912	9	27	81	121.0179	363.0537
24	571.81730	20727.08964	56	144	392	904.2303	2136.0371

Persamaannya = $a + bx + cx^2$

$$571.8173 = 16a + 24b + 56c$$

$$904.2303 = 24a + 56b + 144c$$

$$2136.0371 = 56a + 144b + 392c$$

didapat :

$$a = 31.9485$$

$$b = 3.2321$$

$$c = -0.3023$$

$$y = 31.9485 + 3.2321X - 0.3023X^2$$

X	Y
0	31.94851
1	34.89832
2	37.24353
3	38.98400

REGRESI KUAT DESAK KOLOM KOMPOSIT DENGAN BEBAN EKSENTRIS							
X_i	Y_i	Y_i^2	X_i^2	X_i^3	X_i^4	$X_i Y_i$	$X_i^2 Y_i$
0	1.32E+07	1.74E+14	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00
0	1.52E+07	2.32E+14	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00
0	1.40E+07	1.96E+14	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00
0	1.65E+07	2.72E+14	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00
1	1.58E+07	2.49E+14	1	1	1	1.58E+07	1.58E+07
1	1.57E+07	2.48E+14	1	1	1	1.57E+07	1.57E+07
1	1.41E+07	1.99E+14	1	1	1	1.41E+07	1.41E+07
1	1.65E+07	2.73E+14	1	1	1	1.65E+07	1.65E+07
2	1.74E+07	3.04E+14	4	8	16	3.49E+07	6.97E+07
2	1.37E+07	1.87E+14	4	8	16	2.74E+07	5.47E+07
2	1.57E+07	2.48E+14	4	8	16	3.15E+07	6.30E+07
2	1.57E+07	2.48E+14	4	8	16	3.15E+07	6.30E+07
3	2.14E+07	4.57E+14	9	27	81	6.42E+07	1.92E+08
3	1.67E+07	2.78E+14	9	27	81	5.00E+07	1.50E+08
3	1.74E+07	3.02E+14	9	27	81	5.22E+07	1.57E+08
3	1.75E+07	3.06E+14	9	27	81	5.25E+07	1.57E+08
24	2.57E+08	4.17E+15	56	144	392	4.06E+08	9.69E+08

Persamaannya = $a + bx + cx^2$

$$2.57E+08 = 16a + 24b + 56c$$

$$4.06E+08 = 24a + 56b + 144c$$

$$9.69E+08 = 56a + 144b + 392c$$

didapat :

$$a = 1.5025E+07$$

$$b = -475000$$

$$c = 5.00E+05$$

$$y = 1.5025E+07 - 475000X + 5.00E+05X^2$$

X	Y
0	1.50E07
1	15050000
2	16075000
3	18100000

REGRESI KUAT DESAK KOLOM KOMPOSIT DENGAN BEBAN SENTRIS							
X_i	Y_i	Y_i^2	X_i^2	X_i^3	X_i^4	$X_i Y_i$	$X_i^2 Y_i$
0	4.30E+05	1.85E+11	0	0	0	0	0
0	5.80E+05	3.36E+11	0	0	0	0	0
0	5.40E+05	2.92E+11	0	0	0	0	0
0	5.80E+05	3.36E+11	0	0	0	0	0
1	5.70E+05	3.25E+11	1	1	1	5.70E+05	5.70E+05
1	5.40E+05	2.92E+11	1	1	1	5.40E+05	5.40E+05
1	5.60E+05	3.14E+11	1	1	1	5.60E+05	5.60E+05
1	5.60E+05	3.14E+11	1	1	1	5.60E+05	5.60E+05
2	6.60E+05	4.36E+11	4	8	16	1.32E+06	2.64E+06
2	6.40E+05	4.10E+11	4	8	16	1.28E+06	2.56E+06
2	6.00E+05	3.60E+11	4	8	16	1.20E+06	2.40E+06
2	6.00E+05	3.60E+11	4	8	16	1.20E+06	2.40E+06
3	6.40E+05	4.10E+11	9	27	81	1.92E+06	5.76E+06
3	6.20E+05	3.84E+11	9	27	81	1.86E+06	5.58E+06
3	6.80E+05	4.62E+11	9	27	81	2.04E+06	6.12E+06
3	6.60E+05	4.36E+11	9	27	81	1.98E+06	5.94E+06
24	9.46E+06	5.65E+12	56	144	392	1.50E+07	3.56E+07

Persamaannya = $a + bx + cx^2$

$$9.46E+06 = 16a + 24b + 56c$$

$$1.50E+07 = 24a + 56b + 144c$$

$$3.56E+07 = 56a + 144b + 392c$$

didapat :

$$a = 534250$$

$$b = 29250$$

$$c = 3750$$

$$y = 534250 + 29250X + 3750X^2$$

X	Y
0	534250
1	567250
2	607750
3	655750