

PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI 9/9/08
TGL. TERIMA : 09-10-00
NO. JUDUL : 003167
NO. INV. : 5120008167001
438

TUGAS AKHIR

**PENULANGAN GESER MINIMUM
DALAM BALOK BETON MUTU NORMAL DAN BALOK
BETON MUTU TINGGI
(STUDI EKSPERIMENTAL)**

TA
693.54
PUN
P
2000



PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

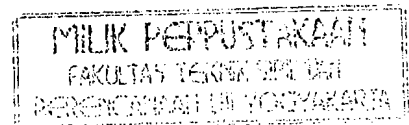
Disusun Oleh:

1. Nama : Heri Purwanto
No Mhs : 95 310 142
NIRM : 950051013114120140
2. Nama : Cholis Yudianto
No Mhs : 95 310 308
NIRM : 950051013114120305

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000**

TUGAS AKHIR
PENULANGAN GESER MINIMUM
DALAM BALOK BETON MUTU NORMAL DAN
BALOK BETON MUTU TINGGI
(STUDI EKSPERIMENTAL)

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh
Derajat sarjana Teknik Sipil



Disusun Oleh:

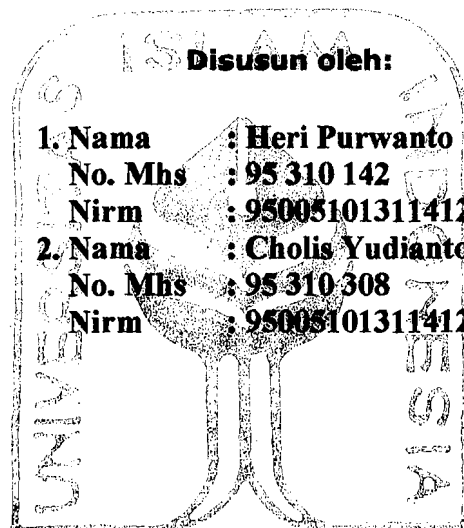
1. Nama : Heri Purwanto
No Mhs : 95 310 142
NIRM : 950051013114120140
2. Nama : Cholis Yudianto
No Mhs : 95 310 308
NIRM : 950051013114120305

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

TULANGAN GESER MINIMUM DALAM BALOK BETON MUTU TINGGI DAN BALOK BETON MUTU NORMAL (STUDI EKSPERIMENTAL)



Disusun oleh:

1. Nama : Heri Purwanto
No. Mhs : 95 310 142
Nirm : 950051013114120140
2. Nama : Cholis Yudianto
No. Mhs : 95 310 308
Nirm : 950051013114120305

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Ir. H. Susastrawan, MS

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Suharyatmo, MT

Dosen Pembimbing II

Tanggal : 23-08-2000

Tanggal : 23-8-2000

....., ALLAH MENINGGIKAN ORANG-ORANG YANG
BERIMAN DIANTARA KAMU DAN ORANG -ORANG YANG
DIBERI ILMU PENGGETAHUAN, BEBERAPA DERAJAT.....

(Q.S.AL.MUJADILAH: 1)

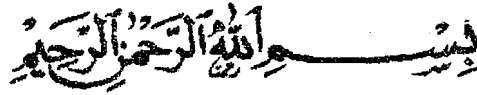
.....KATAKANLAH: "ADAKAH SAMA ORANG-ORANG YANG
MENGETAHUI DENGAN ORANG-ORANG YANG TIDAK
MENGETAHUI ? SESUNGGUHNYA ORANG YANG
BERAKALLAH YANG DAPAT MENERIMA PELAJARAN

(Q.S.AZ. ZUMAR:9)

AKAI DAN BELAJAR ITU SEPERTI JIWA DAN RAGA TANPA
RAGA , JIWA HANYALAH UDARA HAMPAN TANPA JIWA, RAGA
ADALAH KERANGGAKA TANPA MAKNA

(KHALIL GIBRAN)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr. Wb.

Alhamdulillahilahirabil'amin, segala puji kehadiran Allah SWT yang telah memberikan taufiq serta hidayah-Nya kepada penyusun, sehingga atas berkat ridho-Nyalah penyusun dapat menyelesaikan tugas akademik yang berupa Tugas Akhir. Tugas Akhir ini diselesaikan untuk melengkapi syarat memperoleh jenjang kesarjanaan Strata Satu pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, penyusun memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penyusun banyak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bp. Ir. II. Susastrawan, MS., selaku Dosen Pembimbing I,
2. Bp. Ir. H. Suharyatmo, MT., selaku Dosen Pembimbing II,
3. Bp. Ir. Widodo, MSCE, Ph.D. , selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
4. Bp. Ir. Tadjuddin BMA, M.S., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Para Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,

6. Yang tercinta bapak, ibu, kakak, adik dan teman-teman terdekat yang telah banyak memberikan bantuan dalam bentuk apapun.
7. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan laporan ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penyusun dapat menjadi amal soleh dan dibalas dengan pahala yang berlipat ganda oleh Allah SWT.

Walaupun telah berusaha semaksimal mungkin, penyusun menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan untuk perbaikan Tugas Akhir ini.

Semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis pribadi dan pembaca pada umumnya. *Amin.*

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, Juni 2000

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR MOTTO.....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
ABSTRAK.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Hasil Penelitian yang Pernah Dilakukan	6

2.2 Perilaku Lentur pada Komponen Balok Beton Bertulang.....	6
2.3 Tegangan Geser pada Komponen Balok Beton Bertulang.....	8
2.4 Beberapa Jenis Retak pada Balok.....	11
BAB III LANDASAN TEORI.....	15
3.1 Umum.....	15
3.2 Matrial Penyusun Beton.....	16
3.2.1 Semen Portland.....	16
3.2.2 Agregat Halus.....	17
3.2.3 Agregat Kasar.....	17
3.2.4 Air.....	18
3.2.5 Bahan Tambah Pozzolan.....	18
3.3 Faktor Air Semen.....	19
3.4 Slump.....	19
3.5 Workability.....	20
3.6 Metode Perencanaan Adukan Beton.....	21
3.7 Kekuatan Beton.....	23
3.8 Analisis Geser.....	24
3.8.1 Kuat Geser yang Disumbangkan Beton.....	28
3.8.2 Kuat Geser yang Disumbangkan Tulangan Geser.....	28
3.8.3 Kebutuhan Tulangan Minimum.....	29
3.9 Perilaku Beton Bertulang Tanpa Tulangan Geser.....	30

BAB IV METODE PENELITIAN	31
4.1 Bahan dan Benda Uji.....	31
4.1.1 Bahan.....	31
4.1.2 Benda Uji.....	32
4.2 Peralatan Penelitian	33
4.3 Prosedur Penelitian.....	36
4.4 Persiapan Bahan dan Alat.....	36
4.4.1 Bahan.....	36
4.4.2 Alat	37
4.5 Data Bahan Susun Beton	37
4.6 Pembuatan benda Uji.....	39
4.7 Rawatan Benda Uji.....	41
4.8 Pengujian Benda Uji.....	41
4.8.1 Pengujian Kuat Lentur dan Geser.....	42
4.8.2 Pengujian Kuat Desak Beton.....	43
4.8.3 Pengujian Kuat Tarik Tulangan.....	44
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	45
5.1 Hasil Penelitian.....	45
5.2 Perhitungan Kekuatan Balok Beton Secara Analisis.....	63
5.2.1 Perhitungan Kekuatan Balok Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Analisis Tulangan Sebelah	63

5.2.2 Perhitungan Kekuatan Balok Beton Mutu Normal Berdasarkan Analisis Tulangan Sebelah	66
5.3 Perhitungan Kekuatan Balok Berdasarkan Hasil Penelitian	68
5.4 Pembahasan	76
5.5 Perilaku Geser Balok Beton dengan Tulangan Geser Minimum ..	78
5.6 Perilaku Balok Beton Tanpa Tulangan Geser	79
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	81
6.1 Kesimpulan	81
6.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Cara Uji Balok.....	4
Gambar 2.1 Distribusi retak-tarik	7
Gambar 2.2 Balok	8
Gambar 2.3 Diagram momen lentur	9
Gambar 2.4 Diagram <i>free body</i> yang menunjukkan momen internal dan gaya geser	9
Gambar 2.5 Kerusakan tipikal akibat tarik diagonal.....	11
Gambar 2.6 Jenis-jenis rusak pada balok beton bertulang (Nawy,1990).....	13
Gambar 3.1 Diagram gaya lintang dan momen	25
Gambar 3.2 Distribusi tegangan geser	26
Gambar 3.3 Retakan, busur tekan dan ikatan tarik	27
Gambar 3.4 Menentukan jarak spasi sengkang berdasarkan syarat kekuatan	28
Gambar 4.1 Penulangan balok uji.....	33
Gambar 4.2 Balok benda uji	39
Gambar 4.3 Perletakan benda uji	43
Gambar 5.1 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi dengan tulangan geser minimum (H-1DTG) dari hasil penelitian dan hasil analisis.....	51

Gambar 5.2 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi dengan tulangan geser minimum (H-2DTG) dari hasil penelitian dan hasil analisis.....	52
Gambar 5.3 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi tanpa tulangan geser minimum (H-3TTG) dari hasil penelitian dan hasil analisis.....	53
Gambar 5.4 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi tanpa tulangan geser minimum (H-3TTG) dari hasil penelitian dan hasil analisis.....	54
Gambar 5.5 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu normal dengan tulangan geser minimum (N-1DTG) dari hasil penelitian dan hasil analisis	55
Gambar 5.6 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu normal dengan tulangan geser minimum (N-2DTG) dari hasil penelitian dan hasil analisis.....	56
Gambar 5.7 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu normal tanpa tulangan geser minimum (N-3TTG) dari hasil penelitian dan hasil analisis.....	57
Gambar 5.8 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu normal tanpa tulangan geser minimum (N-4DTG) dari hasil penelitian dan hasil analisis.....	58

Gambar 5.9 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi dengan tulangan geser minimum (H-DTG) dan balok beton mutu normal dengan tulangan geser minimum (N-DTG) hasil penelitian	59
Gambar 5.10 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi tanpa tulangan geser minimum (H-TTG) dan balok beton mutu normal tanpa tulangan geser minimum (N-TTG) hasil penelitian	60
Gambar 5.11 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi dengan tulangan geser minimum (H-DTG) dan balok beton mutu tinggi tanpa tulangan geser (H-TTG) dari hasil penelitian	61
Gambar 5.12 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu normal dengan tulangan geser minimum (N-DTG) dan balok beton mutu normal tanpa tulangan geser (N-TTG) dari hasil penelitian	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Penetapan volume agregat kasar	22
Tabel 4.1 Daftar Nama Peralatan dan Kegunaanya	37
Tabel 5.1 Data Hasil Pengujian Tarik Baja.....	45
Tabel 5.2 Data Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder Beton Umur 28 hari.....	46
Tabel 5.3 Data Hasil Pengujian Balok Beton Mutu Tinggi Dengan Tulangan Geser Minimum	47
Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian Balok Beton Mutu Tinggi Tanpa Tulangan Geser Minimum.....	48
Tabel 5.5 Data Hasil Pengujian Balok Beton Mutu Normal Dengan Tulangan Geser Minimum	49
Tabel 5.6 Data Hasil Pengujian Balok Beton Mutu Normal Tanpa Tulangan Geser Minimum.....	50

DAFTAR NOTASI

ϕ	Faktor reduksi kekuatan.
α_1	Intensitas tegangan pada balok tegangan.
β_1	Nilai rasio tinggi balok tegangan terhadap sumbu netral.
ρ	Rasio tulangan terhadap luas penampang beton.
ρ_b	Rasio tulangan yang memberikan kondisi renggangan yang seimbang.
ρ_{min}	Rasio tulangan minimum.
ρ_{mak}	Rasio tulangan maksimum.
\emptyset	Diameter tulangan polos, mm.
a	Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen, mm
A_s	Luas tulangan tarik longitudinal, mm ² .
A_v	Luas tulangan sengkang, mm ² .
b	Luas penampang melintang, mm.
d	Tinggi efektif penampang, diukur dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm.
E_c	Modulus elastisitas beton, Mpa.
E_s	Modulus elastisitas baja, Mpa.
f'_c	Kuat tekan silinder, Mpa.
f_y	Tegangan leleh baja tulangan, Mpa.
I	Momen inersia penampang, mm ⁴ .

h	Tinggi total penampang, mm.
L	Panjang bentang balok, mm.
M	Momen lentur, Nm.
M_n	Momen lentur nominal, Nm.
M_u	Momen lentur ultimate, Nm.
P_u	Gaya terpusat, N.
s	Jarak sengkang, mm.
V_c	Kekuatan geser yang diberikan oleh beton, N.
V	Geser tahanan internal, N.
V_s	Kekuatan geser akibat penulangan geser, N.
W_o	Beban akibat berat sendiri, N/m
W_L	beban hidup, N/m.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

Pola retak yang terjadi pada balok mutu tinggi dengan tulangan geser minimum setelah pembebanan.....	A-1
Pola retak yang terjadi pada balok mutu tinggi tanpa tulangan geser minimum setelah pembebanan	A-1
Pola retak yang terjadi pada balok mutu normal dengan tulangan geser minimum setelah pembebanan.....	A-2
Pola retak yang terjadi pada balok mutu normal tanpa tulangan geser minimum setelah pembebanan	A-2
Gambar 1 Pengujian kuat tarik baja.....	B-1
Gambar 2 Pembuatan benda uji balok	B-1
Gambar 3 Perawatan benda uji	B-2
Gambar 4 Pengujian kuat desak silinder beton.....	B-2
Gambar 5 Silinder beton setelah mengalami pengujian.....	B-3
Gambar 6 Persiapan pengujian lentur dan geser pada balok	B-3
Gambar 7 Balok mutu tinggi tanpa tulangan geser mengalami Kegagalan geser	B-4
Gambar 8 Balok mutu normal tanpa tulangan geser mengalami Kegagalan geser	B-4

ABSTRAK

Penelitian mengenai perbedaan perilaku balok beton mutu tinggi dalam menahan lentur maupun geser terhadap beton normal masih jarang dilakukan. Pada penelitian ini diteliti sejauh mana perilaku balok beton mutu tinggi dan beton mutu normal dalam menahan lentur dan geser dengan menggunakan tulangan geser minimum dengan jarak sengkang yang maksimum ($d/2$) menurut SK-SNI. Pada penelitian ini mutu beton untuk beton mutu tinggi adalah 41,74 Mpa sedangkan mutu beton untuk beton mutu normal adalah 23,08 Mpa. Dengan menggunakan benda uji berupa balok dengan ukuran lebar (b)=150 mm, tinggi (h)=200 mm dan panjang (L)=2000 mm dengan menggunakan $2D_6$ untuk tulangan tekan, $5D_{12}$ untuk tulangan tarik dan diameter 6 untuk tulangan geser dengan jarak 100 mm dengan bentang geser sebesar 600 mm. Dari hasil pengujian lentur dan geser untuk balok mutu tinggi diperoleh kekuatan lentur sebesar 70-80 KN dan kekuatan gesernya sebesar 35-40 KN sedangkan untuk balok mutu normal diperoleh kekuatannya sebesar 55-70 KN dan kekuatan gesernya sebesar 27,5-35 KN. Dari hasil pengujian pada balok dapat diketahui peningkatan kemampuan balok dalam menerima gaya lentur dan gaya geser pada beton mutu tinggi dibandingkan dengan beton mutu normal. Dari hasil penelitian juga diperoleh kesimpulan bahwa balok uji seperti diatas dengan menggunakan tulangan geser minimum dan jarak maksimum ($d/2$) ternyata balok masih mampu menahan gaya geser yang terjadi ini terbukti dari jenis keruntuhan yang terjadi yaitu balok runtuh karena lentur.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu material bangunan yang paling banyak digunakan untuk struktur bangunan teknik sipil adalah beton (seperti gedung, jalan, jembatan dan lain-lain). Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang demikian maju, diupayakan berbagai cara untuk dapat meningkatkan sifat-sifat mekanis beton, antara lain *workability, placebilyty, strength, durability, permeability, corrosivity* dan lain-lain. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan suatu beton yang berkuatan tinggi dengan koefisien susut dan rangkai yang lebih kecil dan mempunyai ketegaran retak yang lebih tinggi di bandingkan beton biasa. Parameter kekuatan beton dinyatakan dengan karakteristik tekannya dan beton dikatakan sebagai beton mutu tinggi jika mempunyai kekuatan lebih tinggi dari 40 Mpa atau 6000 psi (Nilson, A.H., 1985).

Kerusakan pada struktur beton umumnya terjadi akibat lentur dan geser. Lentur pada beton ditahan oleh tulangan lentur atau tulangan memanjang, sedangkan geser pada beton umumnya ditahan oleh tulangan geser yang biasanya berupa sengkang atau tulangan miring, dengan syarat lekatan antara beton dan baja-tulangan

baik. Tulangan geser yang terlalu sedikit jumlahnya akan meleleh segera setelah terbentuknya retak miring, dan kemudian balok runtuh. Jika jumlah tulangan geser terlalu banyak akan terjadi keruntuhan lentur sebelum tulangan geser leleh. Jumlah tulangan geser di dalam balok beton harus direncanakan sedemikian sehingga tulangan geser dan beton di daerah tekan secara bersama-sama mampu menahan geser setelah terbentuknya retak miring sampai lelehnya tulangan geser. Selain itu jarak tulangan geser tidak boleh terlalu rapat karena tulangan geser yang terlalu rapat akan menyebabkan beton dibawah garis netral tidak menahan gaya tekan pada arah diagonal (aksi rangka dalam balok tidak terjadi). Sebaliknya tulangan geser tidak boleh terlalu renggang (jarak tulangan geser maksimum sama dengan $d/2$). Percobaan-percobaan yang telah dipublikasikan menunjukkan bahwa sifat keruntuhan akibat gaya geser pada suatu elemen struktur beton bertulang adalah getas (*brittle*), tidak daktil, dan keruntuhan yang terjadi secara tiba-tiba tanpa ada peringatan. Hal tersebut disebabkan kekuatan geser struktur beton bertulang terutama tergantung pada kekuatan tarik dan tekan beton. Keadaan ini sangat berbeda dengan tujuan perencanaan yang selalu menginginkan suatu struktur yang daktil.

Pada penelitian ini dikhususkan untuk meneliti sejauh mana kemampuan batas tulangan geser minimum dalam menahan gaya geser pada balok beton mutu normal dan pada balok beton mutu tinggi. Untuk balok beton dengan daya kompresif beton yang lebih tinggi dan hubungannya dengan peningkatan kekuatan renggang beton, ada sementara kekhawatiran tentang tidak memadainya tulangan geser minimum tradisional pada balok beton berkekuatan tinggi.

1.2 Tujuan Penelitian

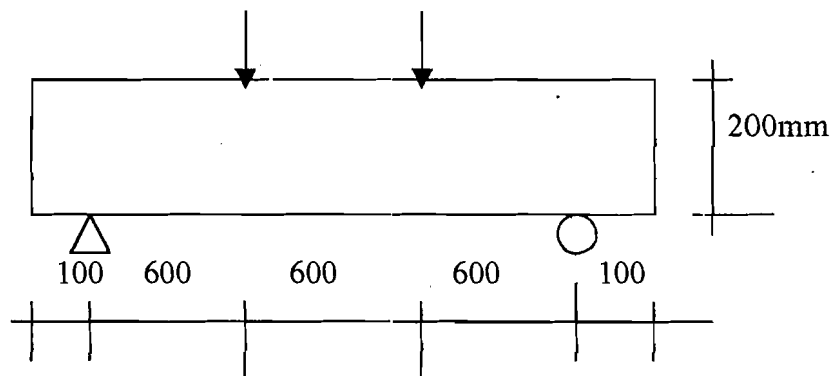
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana kemampuan tulangan geser minimum pada balok beton mutu normal dan balok beton mutu tinggi dalam menahan gaya geser yang terjadi.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini agar dapat terarah sesuai dengan tujuan penelitian sehingga perlu diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan diameter 5-40 mm dari Clereng.
2. Bahan ikat digunakan semen jenis I merk Gresik.
3. Agregat halus digunakan pasir dari sungai Progo DIY.
4. Tulangan yang digunakan adalah tulangan polos dengan diameter 6 mm untuk sengkang vertikal dan diameter 6 mm untuk tulangan tekan dan diameter 12 mm untuk tulangan tarik dan dilakukan uji tarik sebelum digunakan.
5. Pada penelitian ini kekuatan geser hanya dipengaruhi oleh sengkang vertikal dan kekuatan geser beton saja.
6. Kuat tekan beton rencana untuk beton normal $f_c' = 20$ Mpa dan untuk beton mutu tinggi $f_c' = 40$ Mpa.

7. Benda uji berupa balok tampang persegi dengan ukuran tinggi (h)=200 mm , lebar (b)=150 mm dan panjang (L)=2000mm.
8. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 8 buah balok uji dengan rincian sebagai berikut:
 - a. Dua buah balok uji untuk beton mutu normal tanpa tulangan geser dan dua buah balok uji beton mutu tinggi tanpa tulangan geser.
 - b. Dua buah balok uji untuk beton mutu normal dengan tulangan geser minimum dan dua buah balok uji beton mutu tinggi dengan tulangan geser minimum.
9. Setiap 1 buah balok dibuat 2 buah benda uji silinder ukuran tinggi 300 mm dan diameter 150 mm sehingga di peroleh 16 benda uji untuk diuji kuat tekan betonnya.
10. Uji terhadap balok (Gambar 1.1) dan silinder dilakukan pada umur 28 hari, dilaksanakan di laboratorium Stuktur dan laboratorium BKT Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.



Gambar 1.1 Cara Uji Balok

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah mengetahui kemampuan tulangan geser minimum dalam mencegah terjadinya kegagalan geser mendadak akibat pembebanan awal dan pada saat pelayanan pada balok beton berkekuatan normal dan tinggi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

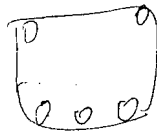
2.1 Hasil Penelitian yang Pernah Dilakukan

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Yoong-soo Yoon, William D. Cook, dan Denis Mitchell tentang geser minimum pada balok memberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kode ACI 1983 maupun standar CSA 1984 berisi ekspresi jumlah tulangan geser minimum tidak tergantung pada kekuatan beton. Hal ini menyebabkan kekuatan tulangan geser untuk beton berkekuatan tinggi bisa lebih rendah dari pembandingnya yakni beton berkekuatan rendah, dan dapat mengakibatkan respon geseran tanpa cadangan kekuatan setelah terjadi retakan.
- b. Untuk beton berkekuatan hingga 69 Mpa kode ACI 1989 memerlukan jumlah tulangan geser minimum yang bukan merupakan fungsi kekuatan beton.

2.2 Perilaku Lentur pada Komponen Balok Beton Bertulang

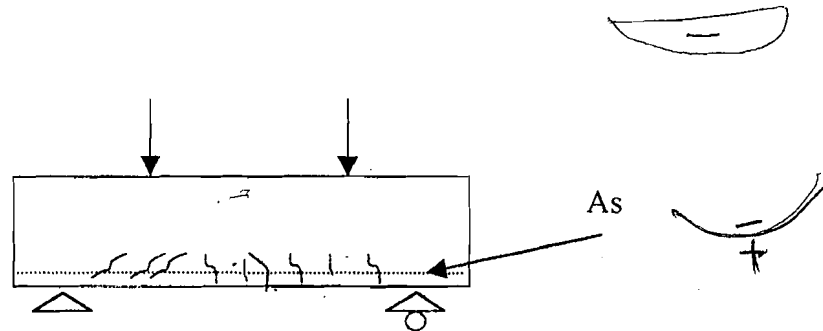
Beban-beban yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban gravitasi (berarah vertikal) maupun beban-beban lain, seperti beban angin (dapat berarah



$$A_s = \dots \rightarrow C = 0,05 f'_{c.k.} a \rightarrow C = 4070$$

7

horizontal), atau juga beban karena susut dan beban karena perubahan temperatur, menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur.



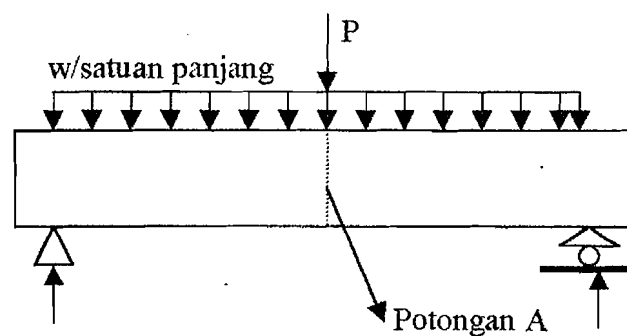
Gambar 2.1 Distribusi retak-tarik

Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena beban luar. Apabila bebannya bertambah, maka pada balok terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur di sepanjang bentang balok (Gambar 2.1). Apabila beban semakin bertambah, pada akhirnya dapat terjadi keruntuhan elemen struktur, yaitu pada saat beban luar mencapai kapasitas elemen. Taraf pembebanan demikian disebut keadaan limit dari keruntuhan pada lentur. Apabila suatu gelagar balok sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, akan terjadi deformasi (regangan) lentur di dalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, regangan tekan terjadi di bagian atas dan regangan tarik di bagian bawah dari penampang. Regangan-regangan tersebut menyebabkan timbulnya tegangan-tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan di sebelah atas dan tegangan tarik di bagian bawah. Agar stabilitasnya terjamin, batang balok sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat menahan

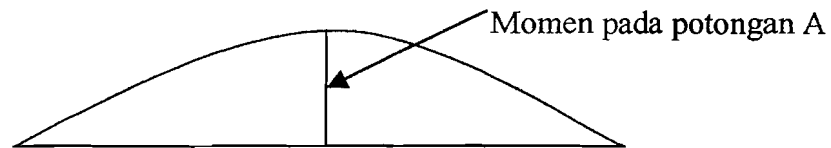
tegangan tekan dan tarik tersebut. Karena beton hanya dapat menahan tekan, maka pada daerah dimana tegangan tarik bekerja diperkuat dengan batang tulangan baja.

2.3 Tegangan Geser pada Komponen Balok Beton Bertulang

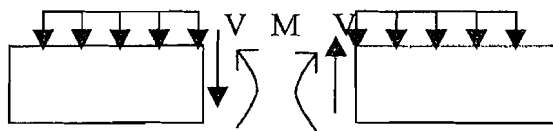
Balok adalah elemen struktur yang mendukung beban luar dan berat sendiri, terutama oleh momen dan geser internal (MacGregor, J.G., 1997). Gambar 2.2 menunjukkan *simple beam* yang mendukung berat sendiri balok, w merupakan beban terbagi merata per satuan panjang, dan beban berguna, P . Akibat beban w dan P , menimbulkan momen lentur seperti pada gambar 2.3. Pada penampang momen dan geser internal balok, terdapat momen tahanan internal M yang diperlukan untuk keseimbangan momen lentur yang terjadi, dan geser tahanan internal V , seperti ditunjukkan dalam gambar 2.4 (MacGregor, J.G., 1997).



Gambar 2.2. Balok



Gambar 2.3 Diagram momen lentur



Gambar 2.4 Diagram *free body* yang menunjukkan momen internal dan gaya geser

Dalam desain struktur beton bertulang, lentur selalu menjadi pertimbangan pertama untuk menentukan momen perlawanan bersyarat yang dapat digunakan untuk memastikan jika akan terjadi keruntuhan dapat memberikan peringatan kepada penghuninya. Pada saat yang sama, balok juga menahan gaya geser akibat lenturan. Sifat keruntuhan akibat gaya geser pada suatu elemen struktur beton bertulang adalah getas (*brittle*), tidak daktil, dan keruntuhannya terjadi secara tiba-tiba tanpa ada peringatan. Hal tersebut disebabkan kekuatan geser struktur beton bertulang terutama tergantung pada kekuatan tarik dan tekan beton. Karena kekuatan tarik beton lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya, maka desain terhadap geser merupakan hal yang sangat penting dalam struktur beton. Untuk komponen struktur beton bertulang, apabila gaya geser yang bekerja sedemikian besar hingga diluar

kemampuan beton untuk menahannya, perlu dipasang baja tulangan tambahan untuk menahan geser tersebut.

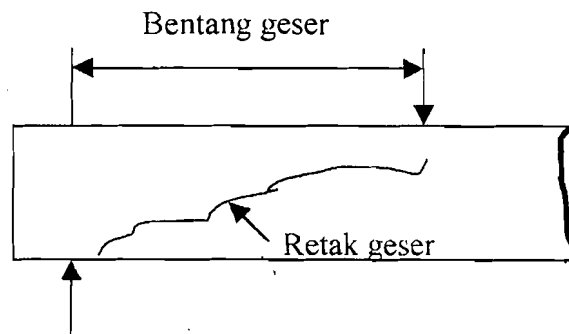
Pada balok beton bertulang lentur arah memanjang, tulangan baja sepenuhnya menahan gaya tarik yang timbul akibat lenturan. Sementara itu, apabila beban yang bekerja terus meningkat, tegangan tarik dan geser juga akan meningkat seiring dengan beban. Sedangkan tulangan baja yang diperuntukkan menahan tarik dalam balok letaknya tidak berada pada tempat timbulnya tegangan tarik diagonal. Untuk itu diperlukan tulangan sengkang untuk menahan tegangan tarik diagonal tersebut di tempat-tempat yang dibutuhkan.

Dengar: demikian penulangan geser mempunyai empat fungsi (Nawy, 1990) sebagai berikut :

1. memikul sebagian gaya geser luar rencana V_u ,
2. mencegah penjalaran retak diagonal sehingga tidak menerus ke bagian tekan beton,
3. memegang dan mengikat tulangan memanjang pada posisinya sehingga tulangan memanjang ini mempunyai kapasitas yang baik untuk memikul lentur,
4. memberikan semacam ikatan pada daerah beton yang tertekan apabila sengkang ini berupa sengkang tertutup.

2.4 Beberapa Jenis Retak pada balok

Tegangan tarik dengan variasi besar dan kemiringan, baik sebagai akibat geser saja maupun gabungan dengan lentur, akan timbul disetiap tempat disepanjang balok, yang harus diperhitungkan pada analisis dan perencanaan. Pada balok beton tanpa tulangan, kerusakan akibat geser umumnya akan terjadi pada daerah sepanjang kurang lebih tiga kali tinggi efektif balok, dan dinamakan bentang geser. Pada gambar 2.5 retak akibat tarik diagonal merupakan salah satu cara terjadinya kerusakan geser.



Gambar 2.5 Kerusakan tipikal akibat tarik diagonal

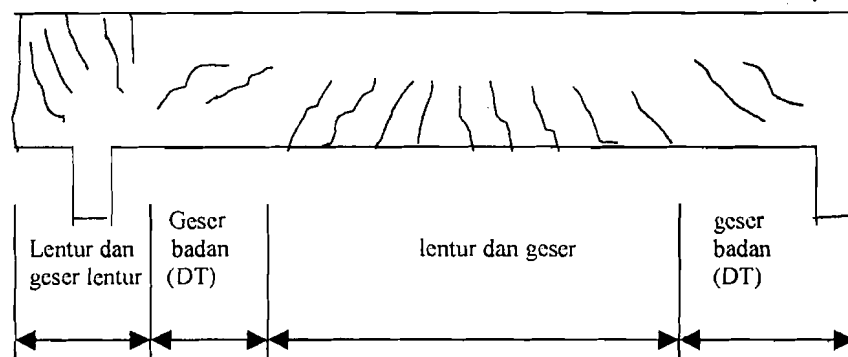
Pada dasarnya, macam-macam retak dalam balok dibagi menjadi tiga jenis yang dijelaskan sebagai berikut ini. (Gambar 2.6)

1. Retak lentur (*flexural crack*), terjadi di daerah yang mengalami momen yang besar, proses terjadinya retak lentur dimulai dari tepi balok tarik, terus masuk merambat kedalam balok dengan arah hampir vertikal ($\theta \cong 0$). Kecenderungan

retak lentur terjadi pada balok yang semakin langsing. Agar berperilaku daktail, biasanya perbandingan antara bentang geser dengan tinggi penampang (a/d) harus lebih besar dari 5,5 untuk beban terpusat, dan lebih besar dari 15 untuk beban terdistribusi.

2. Retak geser lentur (*flexural shear crack*), terjadi pada balok sebagai kelanjutan dari retak lentur, dan lebar atau panjang retak ini dikendalikan oleh adanya tulangan memanjang. Bila tegangan tarik diagonal pada daerah di atas retak ini melampaui kekuatan tarik beton, retak tersebut akan menjalar membelok ke arah diagonal. Retak jenis ini dapat dijumpai pada balok beton bertulang biasa dan prategang. Keruntuhan ini dapat terjadi apabila kekuatan balok dalam diagonal tarik lebih kecil dari pada kekuatannya. Perbandingan antara bentang geser dengan tinggi penampang adalah menengah, yaitu a/d bervariasi antara 2,5 dan 5,5 untuk beban terpusat.
3. Retak geser badan (*web shear crack*), adalah retak miring yang tanpa didahului oleh retak lentur, biasa terjadi pada daerah garis netral penampang dengan gaya geser maksimum dan tegangan aksial sangat kecil ($\theta \cong 45^\circ$). Kejadian retak geser badan jarang dijumpai pada balok beton bertulang biasa, tetapi lebih sering dijumpai pada balok beton prategang berbentuk huruf I dengan badan tipis dan *flens* (sayap lebar). Balok-balok yang mengalami keruntuhan demikian mempunyai perbandingan antara bentang geser dan tinggi penampang (a/d)

sebesar antara 1 sampai 2,5 untuk beban terpusat, dan kurang dari 5 untuk beban terdistribusi.



Gambar 2.6 Jenis-jenis retak pada balok beton bertulang (Nawy, 1990)

Jadi, keretakan diagonal pada badan balok dapat berkembang sebelum terjadinya retak lentur (*flexural crack*) ataupun sebagai perpanjangan retak lentur yang telah ada. Jenis retak diagonal *web-shear crack* terjadi pada titik yang tegangan gesernya melampaui kekuatan tarik beton, dan *flexural-shear crack* timbul apabila kombinasi tegangan geser dan tegangan tarik melampaui kekuatan tarik beton. *Flexural-shear crack* ini hampir selalu diawali dengan keretakan lentur (standar Baru SNI T-15-1991-03).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pada beton mutu tinggi, bagian retak tarik diagonal lebih halus bila dibandingkan dengan beton normal. Pada beton mutu normal retak-retak biasanya berkembang pada ikatan (*interface*) antara agregat

dengan pasta semen, kemudian berkembang melalui pasta ke segala arah. Sebaliknya retak pada beton mutu tinggi terjadi melalui agregat yang disebabkan oleh perbedaan kekuatan dan kekakuan relatif pasta terhadap batuan lebih kecil atau tidak mencukupi (*4th international symposium on utilization of HSC / HPC*, Paris, 1996)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Balok beton bertulang dengan dukungan sederhana atau *simple beam* yang menerima beban arah vertikal dapat mengalami kegagalan lentur atau kegagalan geser. Kegagalan lentur terjadi jika baja tarik di daerah lentur telah mencapai tegangan leleh. Sedangkan kegagalan geser terjadi jika telah terbentuk retak geser-lentur atau retak miring di daerah geser.

Kekuatan beton diukur dari keawetan dan sifat perubahan bentuknya, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor penentu antara lain kekuatan mortar, ikatan antar agregat dan mortar, dan kekuatan agregat. Pada beton mutu tinggi, jumlah retak mikro ikatan lebih sedikit karena sifat kompatibilitas kekuatan dan sifat elastis agregat dengan mortar lebih baik, serta makin tingginya kekuatan lekatan tarik (*tensile bond strength*), juga kekuatan terhadap beban lebih tinggi dibandingkan beton normal.

3.2 Material Penyusun Beton

Beton adalah suatu bahan elemen struktur yang memiliki suatu karakteristik yang spesifiknya terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut :

3.2.1 Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI – 1982) yang berupa bubuk halus dengan kandungan kapur, silika, dan alimina.. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan.

Semen portland dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550°C dan menjadi klinker. Ketika semen dicampur dengan air, timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan (*Kardiyono, 1992*).

Reaksi kimia antara semen dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai pelepasan panas. Kondisi ini mempunyai resiko besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton.

3.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran < 5 mm. Agregat halus atau pasir dapat berupa pasir alam, sebagai hasil disintregasi alam dari batuan, atau debu hasil dari pecahan batu yang dihasilkan mesin pemecah batuan (*stone crusher*).

Untuk campuran beton mutu tinggi pasir disarankan memiliki nilai modulus kehalusan antara 2,5 – 3,2 sehingga memenuhi persyaratan kemudahan pengerjaan (*workability*). Selain itu pasir juga harus bebas dari kandungan lumpur dan zat-zat kimia yang dapat merusak beton yaitu dengan dicuci dahulu sebelum digunakan. Kandungan kotoran pada agregat halus tidak boleh lebih 2,5 persen.

3.2.3 Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintregasi alami dari batuan alam atau berupa batu pecah dengan ukuran 5 - 40 mm (Kusuma dan Vis, 1993).

Agregat kasar sangat mempengaruhi kekuatan beton yang telah mengeras, karena agregat kasar ini merupakan bagian bahan terbesar dari seluruh (volume) campuran beton. Karena itu hanya agregat kasar yang keras yang dapat digunakan untuk beton yang berbobot normal tetapi berkekuatan tinggi, karena itu agregat kasar tersebut harus mempunyai kekuatan tekan tidak boleh lebih rendah dari kekuatan butir semen (*cement gel*).

Agregat kasar harus bebas dari kandungan lumpur dan zat-zat kimia yang dapat merusak beton oleh karena itu harus dicuci dahulu sebelum digunakan, kandungan kotoran ini dibatasi maksimum 1 persen. Ukuran agregat kasar disarankan dibatasi tidak boleh melebihi 20 mm (*Suwandoyo Siddiq, Makalah Diskusi Teknologi Beton di FTSP-UII, 2000*)

3.2.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Di dalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan kedua, sebagai pelincir campuran kerikil, pasir, dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (*Murdok dan Brook, 1991*).

Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 20 % - 30 % berat semen. Tetapi dengan nilai faktor air semen yang kecil, adukan beton menjadi sulit dikerjakan. Maka diberikan kelebihan jumlah air yang dipakai sebagai pelumas. Tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan turun (*Kardiyono, 1992*).

3.2.5 Bahan Tambah Pozzolan

Untuk mendapatkan beton dengan hasil tertentu tidak menutup kemungkinan ditambahkan bahan – bahan tambahan, yang biasanya disebut bahan tambah. Bahan

didefinisikan sebagai bahan lain, selain bahan susun utama beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau pada saat pencampuran untuk memperbaiki salah satu atau lebih sifat-sifat pada beton atau mortar baik pada saat segar maupun setelah mengeras.

3.3 Faktor Air Semen

Faktor air semen (*fas*) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Hubungan antara faktor air semen (*fas*) dan kuat desak beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan *Duff Abrams* (1919) sebagai berikut ini

$$f_c' = \frac{A}{B^{1.5} X} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana :

f_c' = kuat desak beton

X = faktor air semen

A, B = konstanta

3.4 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton. Tingkat kelecakan ini berkaitan erat dengan tingkat

kemudahan pengerjaan (workabilitas). Makin besar nilai *slump* berarti semakin cair adukan betonnya, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan.

3.5 Workability

Kemudahan pengerjaan (*workability*) merupakan ukuran tingkat kemudahan adukan beton untuk dikerjakan termasuk adukan, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan penyusun beton dan sifat-sifat bahan penyusun beton, secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain :

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. Jumlah air ini akan mempengaruhi konsistensi adukan, yaitu semakin banyak air yang digunakan maka adukan akan semakin cair, sehingga makin mudah untuk dikerjakan
2. Jumlah semen yang digunakan. Penambahan jumlah semen kedalam campuran adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai *fas* tetap.
3. Pemakaian bahan tambah *admixture* tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan *workability* adukan pada *fas* rendah, misalnya dengan penambahan *plastizer* atau *air entrained*.

3.6 Metode Perencanaan Adukan Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai standar *Amerika Concrete Institute (ACI)*. Salah satu tujuan yang hendak dipakai dengan perancangan campuran dengan standar *ACI* adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Ukuran derajat kekentalan dan kemudahn pengerjaan dapat dilihat pada pengujian slump.

Adapun tata cara urutan perencanaan campuran adukan beton menurut standar *ACI* adalah sebagai berikut ini.

1. Perhitungan kuat desak rata-rata beton

Perhitungan kuat desak rata-rata beton memiliki syarat terhadap nilai margin akibat pengawasan dan jumlah sampel yang ditambahkan pada penjumlahan kuat desak rencana beton sesuai dengan rumus sebagai berikut :

$$f_{cr}' = f_c' + k \cdot sd \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan : f_{cr}' = kuat desak rata-rata betonKg/cm²

f_c' = kuat desak rencana betonKg/cm²

k = nilai koefisien jumlah sampel

sd = standar deviasi

2. Menentukan faktor air semen (fas)

Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak rata-rata dan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan .

3. Menentukan besarnya nilai slump

Nilai slump ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan penggunaan elemen struktur.

4. Menghitung kebutuhan semen didasarkan hasil penentuan langkah kedua dan keempat dengan mengalikan rasio kebutuhan air dan nilai fas.

5. Menetapkan volume agregat kasar

Penetapan volume agregat kasar didasarkan pada tabel 3.1 dibawah ini

Tabel 3.1 Penetapan volume agregat kasar

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
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

6. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan

Perhitungan volume agregat halus didasarkan pada pengurangan volume absolut terhadap volume agregat kasar, volume semen, volume air serta prosentasi udara yang terperangkap dalam adukan.

3.7 Kekuatan Beton

Beton memiliki kuat desak yang jauh lebih besar dari pada kuat tariknya. Kuat desak beton tergantung pada sifat-sifat bahan dasarnya dan pada umumnya ditentukan oleh tingkat kekerasan agregatnya, namun perlu diperhatikan mutu pasta semennya, karena pasta semen merupakan bahan ikat yang mengikat agregat-agregat penyusun beton.

Agar kualitas beton yang dihasilkan memuaskan, maka perlu diperhatikan selama terjadinya proses pemadatan dan perawatan beton dengan penjelasan sebagai berikut ini

1. Tinjauan terhadap pemadatan beton,

Tujuan pemadatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga-rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan yang tinggi akan menghasilkan kekuatan yang tinggi. Pemadatan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara manual dan dengan menggunakan mesin pemadat bergetar (*vibrator*). Kekuatan beton yang dihasilkan oleh pemadat manual tergantung dari kemampuan tenaga manusia yang memadatkannya. Kekuatan beton dengan proses pemadatan menggunakan mesin penggetar dapat lebih tinggi kepadatannya, hal ini tergantung pada metode serta kepiawaian pelaksana dari faktor operator manusianya. Selain itu mesin penggetar dapat digunakan pada campuran yang memiliki *workability* rendah.

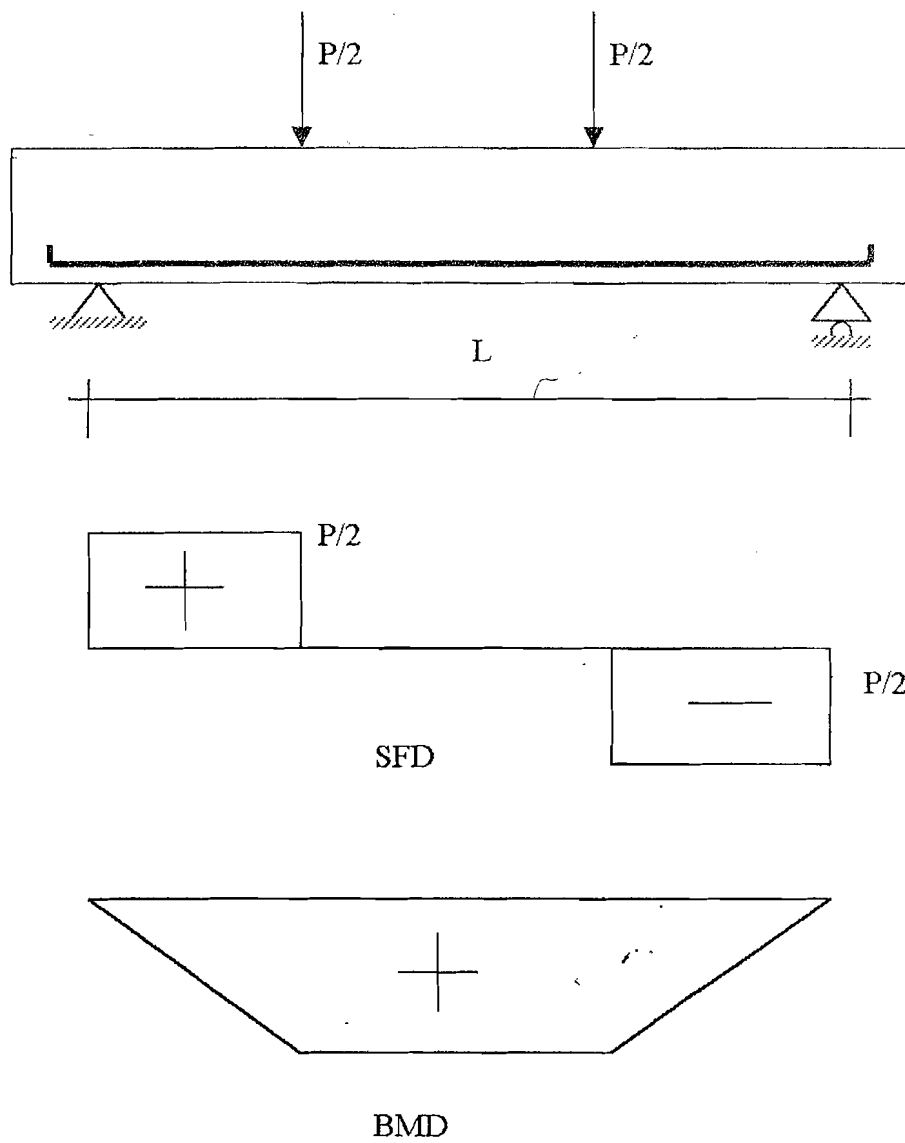
2. Tinjauan terhadap rawatan beton, reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk proses hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia itu. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Oleh karena itu direncanakan suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu dengan direndam dalam air pada satu bak.

3.8 Analisis Geser

Kekuatan tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan kekuatan tekannya, maka desain terhadap geser merupakan hal yang sangat penting dalam struktur beton. Perilaku balok beton bertulang pada keadaan runtuh karena geser sangat berbeda dengan keruntuhan karena lentur. Balok yang terkena keruntuhan geser langsung hancur tanpa ada peringatan terlebih dahulu, juga retak diagonalnya lebih besar dibandingkan retak lentur.

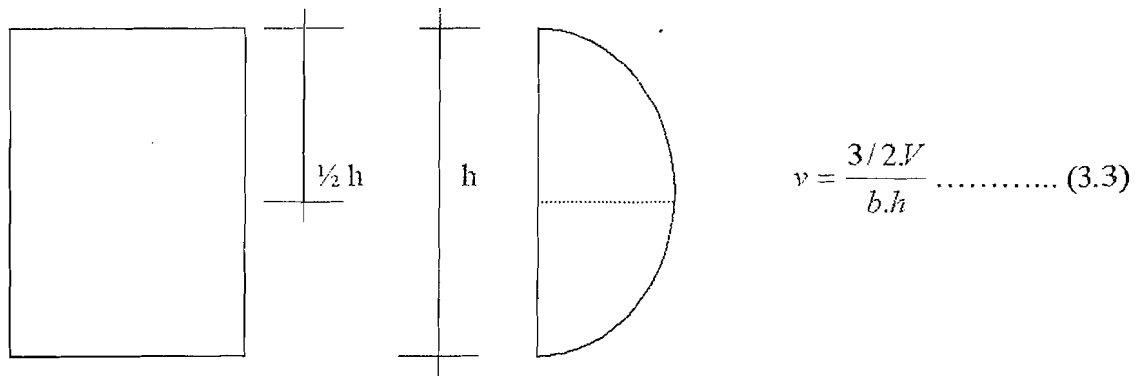
Perencanaan beton bertulang terhadap gaya lintang ternyata sesuai dengan lentur murni, karena yang menentukan adalah perilaku struktur dalam stadium

keruntuhan. Balok yang menerima beban dapat digambarkan gaya lintang dan momen yang terjadi pada balok (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Diagram gaya lintang dan momen

Selain itu distribusi gaya geser dapat digambarkan sebagai bentuk parabolis pada penampang homogen. Seperti terlihat pada gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Distribusi tegangan geser berbentuk parabolis pada penampang homogen

Andaikan beban balok sendiri diabaikan maka kedua tepi balok diantara perletakan dan beban terpusat terdapat besar gaya lintang yang besarnya konstan. Sedangkan besar gaya lintang di tengah balok sama dengan nol. Secara umum besarnya tegangan geser (v) yang berlaku adalah:

$$v = \frac{V.S}{b.I} \dots\dots\dots (3.4)$$

dengan V = gaya lintang,

S = momen statis dari bagian yang tergeser terhadap garis netral,

b = lebar balok,

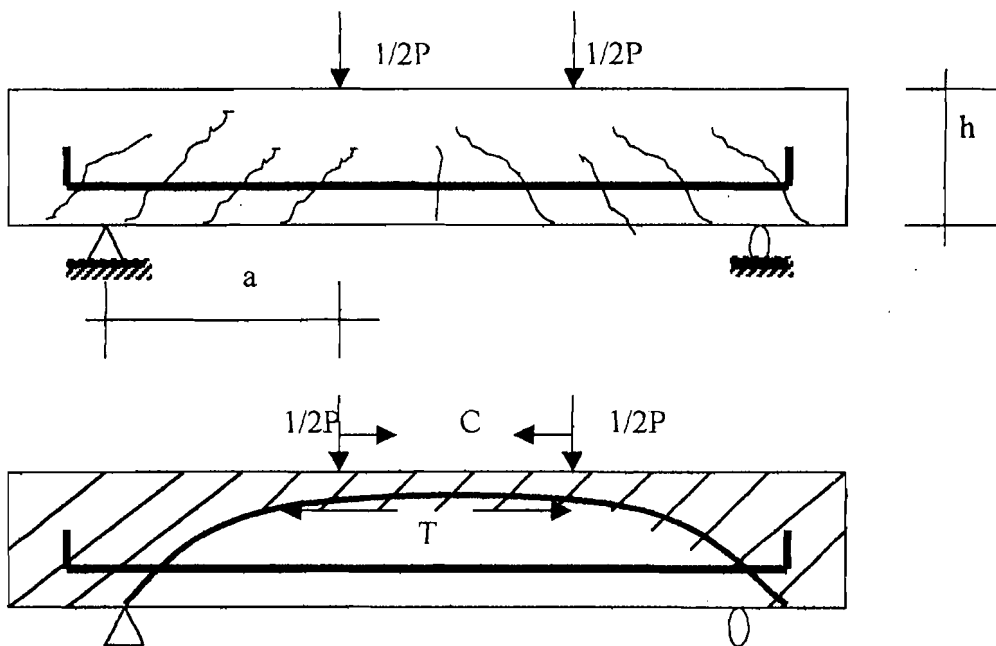
I = momen inersia penampang

Untuk penampang persegi nilai maksimal tegangan geser

$$v_{maks} = \frac{V.S}{b.I} = \frac{V.1/2.b.h.1/4.h}{b.1/12.b.h^3} = \frac{3.V}{2.b.h} \dots\dots\dots(3.5)$$

Bila beban P ditingkatkan, maka pada daerah tarik akan terjadi retakan dan perilaku material pun tidak homogen lagi. Dalam balok berbentuk busur tekan dengan ikatan tarik.

Secara garis besar retakan, busur tekan dan ikatan tarik dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Retakan, busur tekan dan ikatan tarik (W.C Vis dan Gideon)

3.8.1 Kuat Geser yang Disumbangkan Beton

Tegangan geser beton biasanya dinyatakan dalam fungsi dari $\sqrt{fc'}$ dan kapasitas beton dalam menerima geser menurut SKSNI T-15-1991-03 adalah sebesar:

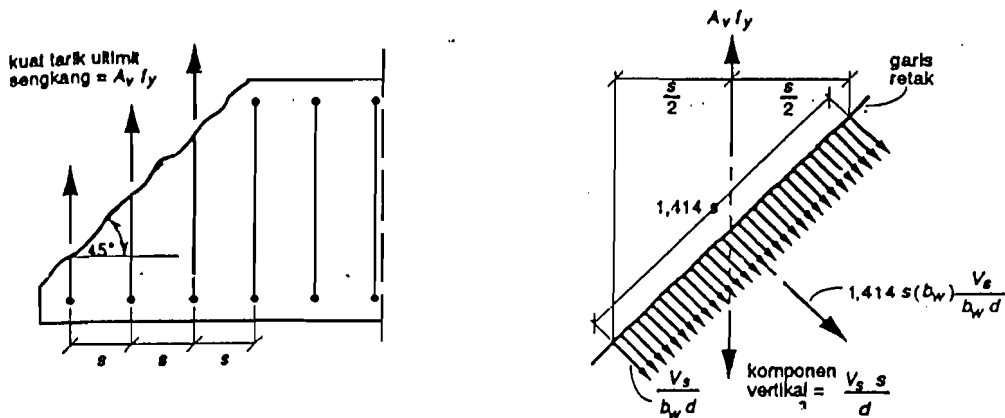
$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{fc'} \right) b_w d \dots\dots\dots(3.6)$$

3.8.2 Kuat Geser yang Disumbangkan Tulangan Geser

Gambar 3.4 menunjukkan *free body* antara ujung balok dan retakan miring, proyeksi horisontal retak diambil sebagai d , mengesankan retak membentuk bidang 45° . Jika s adalah jarak sengkang, jumlah sengkang diambil dari retakan adalah d/s . Pengasumsian bahwa semua sengkang leleh saat runtuh, gaya geser yang ditahan oleh sengkang adalah

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \dots\dots\dots(3.7)$$

Persamaan tersebut diatas dapat diuraikan dengan menganggap bahwa sengkang menahan komponen vertikal dari gaya tarik diagonal yang bekerja didaerah $\frac{1}{2} s$ kanan dan kiri dari sengkang yang bersangkutan (Gambar 3.4). Sedangkan komponen horisontal dimasukkan dalam perencanaan tulangan pokok memanjang.



Gambar 3.4 Menentukan jarak spasi sengkang berdasarkan syarat kekuatan

Dengan menggunakan konsep tegangan geser SK-SNI T-15-1991-03 dan memberikan beberapa substitusi, maka didapatkan :

$$\text{Tegangan geser} = \frac{Vu}{\phi b_w d} = \frac{\phi(Vc + Vs)}{\phi b_w d} = \frac{Vc}{b_w d} + \frac{Vs}{b_{w0} d} \dots\dots\dots(3.8)$$

Suku pertama ($Vc/b_w d$) adalah kapasitas tegangan geser beton, sedangkan suku kedua sebagai kelebihan tegangan geser di atas kapasitas beton yang harus didukung oleh tulangan baja geser pada balok.

Luas daerah tempat bekerjanya tegangan yang harus ditahan oleh tulangan geser adalah $1,414 sb_w$ sehingga seperti tampak pada Gambar 3.4 gaya tarik diagonal

adalah :

$$1,414 sb_w \left(\frac{Vs}{b_w d} \right) \dots\dots\dots(3.9)$$

Komponen vertikal gaya tarik diagonal:

$$0,707(1,414 sb_w) \frac{Vs}{b_w d} = sb_w \left(\frac{Vs}{b_w d} \right) = \frac{Vs \cdot s}{d} \dots\dots\dots(3.10)$$

$Av \cdot fy$ adalah kapasitas tarik ultimit sengkang. Karena ke arah vertikal harus terjadi

keseimbangan, maka :

$$Av fy = \frac{Vs \cdot s}{d} \quad \text{sehingga,} \quad Vs = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{s} \dots\dots\dots(3.11)$$

3.8.3 Kebutuhan Tulangan Minimum

ACI Committee 363 telah menganjurkan bahwa diperlukan lebih banyak data mengenai jumlah minimum kebutuhan tulangan geser untuk mencegah terjadinya retak diagonal.

Kode ACI 1983 memberikan kebutuhan tulangan badan adalah:

$$A_v = 0,33 \frac{b_w \cdot s}{f_y} \dots\dots\dots (3.12)$$

Peraturan ACI (revisi 1992) menyediakan prosedur baru untuk menghitung jumlah minimum tulangan geser pada balok untuk beton dengan mutu tinggi yaitu:

$$A_v = \frac{f_c'}{35} \left(0,33 \frac{b_w \cdot s}{f_y} \right) \leq \frac{b_w \cdot s}{f_y} \dots\dots\dots (3.13)$$

3.9 Perilaku Beton Bertulang Tanpa Tulangan Geser

Bertambahnya pembebanan pada balok akan terbentuk retak tarik di daerah dimana nilai tegangan tariknya terbesar dan segera akan menyebabkan runtuhnya gelagar. Kecuali untuk balok-balok yang mempunyai proporsi $a/d > 6$ (dengan $a = M/V$, $d =$ tinggi efektif balok), tegangan tarik terbesar paling luar disebabkan oleh lentur maksimum, walaupun ada geser hanya berpengaruh kecil pada gelagar. Namun demikian, apabila dipakai tulangan tarik situasi tersebut berubah sama sekali, walaupun terjadi retak-retak tarik pada beton, kekuatan tarik lentur yang dibutuhkan bisa diberikan oleh tulangan, sehingga balok tersebut dapat memikul beban jauh lebih besar. Besar tegangan geser bertambah berbanding lurus dengan besar beban. Sebagai akibatnya terbentuklah tegangan –tegangan tarik diagonal dan bekerjanya gaya geser yang besar, terutama didaerah perletakan.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Bahan dan Benda Uji

4.1.1. Bahan

Bahan yang akan dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Semen portland merek Gresik di peroleh dari toko bangunan terdekat.
- b. Superplastiser dan Silica Fume sebagai bahan tambah beton mutu tinggi di peroleh dari toko agen SIKA di Yogyakarta.
- c. Air bersih dari saluran air bersih laboratorium BKT-FTSP Universitas Islam Indonesia.
- d. Agregat halus (Pasir) berasal dari Sungai Progo.
- e. Agregat kasar (Split) berasal dari Clereng.
- f. Baja tulangan polos $\varnothing 6$ mm untuk sengkang, baja tulangan polos $\varnothing 6$ mm untuk tulangan tekan dan $\varnothing 12$ mm untuk tulangan tarik di peroleh dari toko bangunan terdekat.
- g. Kawat ikat untuk merangkai tulangan di peroleh dari toko bangunan terdekat.
- h. Kayu untuk cetakan balok di peroleh dari toko bangunan terdekat.

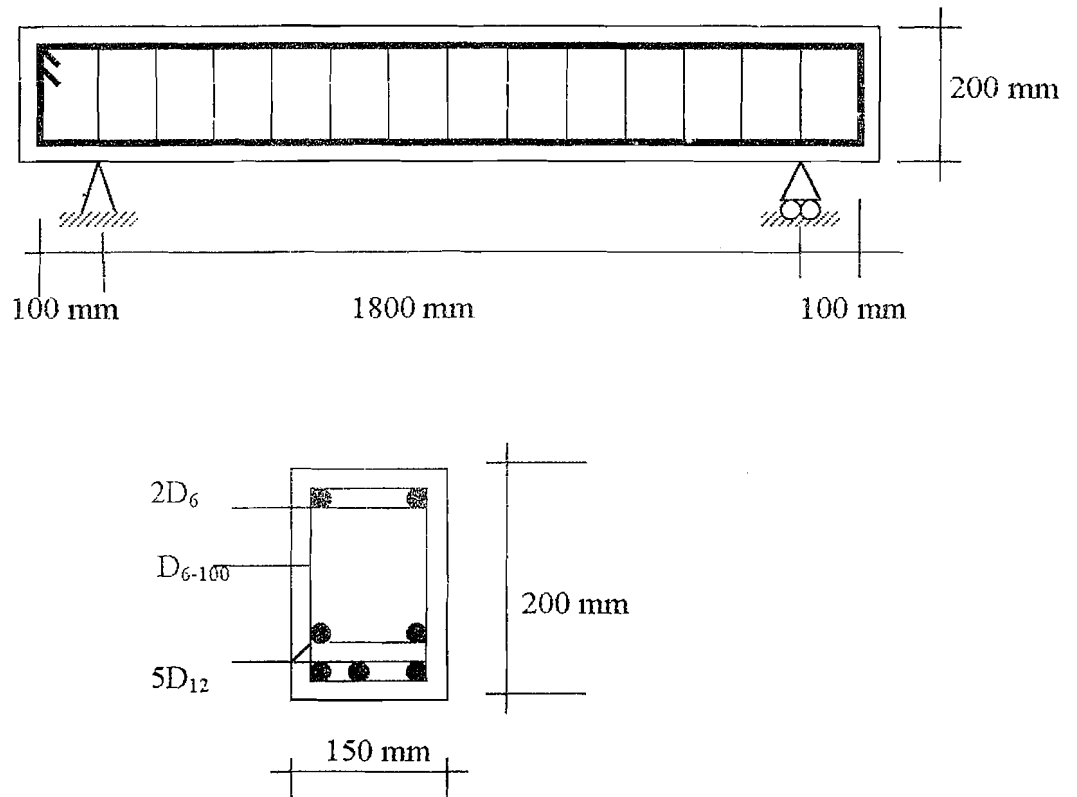
4.1.2 Benda Uji

Benda uji berupa balok dengan ukuran lebar 150 mm, tinggi 200 mm, dan panjang 2000 mm dan dibuat sebanyak 8 buah yaitu :

1. Dua buah sampel untuk beton normal tanpa tulangan geser
2. Dua buah sampel untuk beton mutu tinggi tanpa tulangan geser
3. Dua buah sampel untuk beton normal dengan tulangan geser minimum (jarak sengkang $\frac{1}{2} d$)
4. Dua buah sampel untuk beton mutu tinggi dengan tulangan geser minimum (jarak sengkang $\frac{1}{2} d$).

Keseluruhan sampel diatas memakai tulangan lentur, yaitu 2 D₆ untuk tulangan tekan, 5 D₁₂ untuk tulangan tarik, tulangan geser minimum dipakai diameter 6 mm dan jarak tulangan geser dipakai jarak 100 mm seperti terlihat pada gambar 4.1.

Setiap pembuatan 1 buah balok dibuat 2 buah benda uji silinder, sehingga diperoleh 16 benda uji dari 8 buah balok uji untuk mengetahui kuat tekan dan berat satuan beton, sedangkan baja tulangan yang digunakan diperiksa untuk memperoleh tegangan leleh dan tegangan maksimumnya.



Gambar 4.1 Penulangan Balok uji

4.2 Peralatan Penelitian

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa peralatan yang akan digunakan sebagai sarana untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian.

Adapun alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut ini :

1. Mesin uji kuat desak

Mesin uji kuat desak digunakan untuk mengetahui kuat desak silinder beton. Dalam penelitian ini digunakan mesin desak merk *Controls*.

2. Hydraulic Jack

Alat ini digunakan sebagai alat untuk mengetahui kemampuan geser balok ketika menerima beban dengan kapasitas 30 ton dan pembacaan ketelitian sebesar 0,5 ton.

3. Mesin Uji Kuat Tarik

Digunakan untuk mengetahui kuat tarik dan kuat leleh tulangan. Di dalam penelitian ini digunakan *Universal Testing Matrial (UTM)* merk *Shimatsu* type UMH 30 dengan kapasitas 30 ton.

4. Dukungan rol dan sendi

Dukungan rol dipasang pada salah satu ujung model balok, sedangkan pada ujung yang lain dipadang dukungan sendi, sehingga model balok mendekati balok sederhana (*simple beam*)

5. Mesin aduk beton (molen)

Mesin aduk beton digunakan untuk mengaduk beton sebelum dituang ke dalam cetakan beton, dengan kapasitas 0,05 m³.

6. Cetakan silinder beton

Cetakan silinder beton digunakan untuk mencetak benda uji silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

7. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur air sebelum sebelum dicampur dengan semen portland dengan kapsitas 1000 ml.

8. Mistar dan Kaliper

Mistar dari logam digunakan untuk mengukur dimensi cetakan benda uji, sedangkan kaliper digunakan untuk mengukur diameter tulangan.

9. Kerucut Abrams

Alat ini digunakan untuk mengukur slump atau tingkat kelecakan beton, tinggi alat ini 30 cm, diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm dilengkapi dengan alat penumbuk besi dengan panjang 60 cm dan diameter 16 mm.

10. Dial Gauge

Alat ini dipakai untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi. Untuk penelitian skala penuh digunakan dial gauge dengan kapasitas maksimum 50 mm dan mempunyai ketelitian maksimum 0,01 mm.

11. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat agregat dan semen sebelum dicampur, timbangan yang digunakan pada penelitian ini merk Fa Gani dengan kapasitas 500 kg dan timbangan merk O' house dengan kapasitas 20 kg untuk menimbang benda uji silinde sebelum di test.

4.3 Prosedur Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini yang dilakukan adalah membuat benda uji balok dengan dua variasi. Pembuatan adukan beton untuk benda uji direncanakan dengan menggunakan metode ACI (American Concrete Institute) sebagai dasar pembuatan mix design. Mutu beton yang direncanakan adalah untuk beton mutu normal dengan kuat desak 20 Mpa dan untuk beton mutu tinggi dengan kuat desak 40 Mpa.

4.4 Persiapan Bahan dan Alat

Material yang digunakan untuk pembuatan benda uji ini merupakan material lokal kecuali semen dan baja tulangan. Pembuatan benda uji, pengujian desak dan tarik baja dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi FTSP UII, sedangkan pengujian lentur dan geser dilakukan di Laboratorium Struktur FTSP UII, Yogyakarta.

4.4.1 Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pasir : asal sungai Progo, Yogyakarta
2. Kerikil : asal sungai Clereng, Yogyakarta
3. Semen : type I merk Gresik

4. Air : asal Laboratorium BKT-FTSP UII, Yogyakarta
5. Baja tulangan : ϕ 12 dan ϕ 6 mm untuk tulangan pokok dan ϕ 6 mm untuk sengkang.

4.4.2 Alat

Daftar nama peralatan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Daftar Nama Peralatan dan Kegunaannya

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Mixer Listrik (molen)	Pencampur adukan beton
2	Mesin uji desak	Pengujian desak beton
3	Mesin uji lentur	Pengujian lentur
4	Gelas ukur	Mengukur volume air
5	Timbangan	Menimbang benda uji
6	Mistar dan Kalifer	Mengukur benda uji
7	Ayakan	Menyaring agregat
8	Bak penampung	Menampung heton segar
9	Kerucut Abrams	Pengujian slump
10	Sekop kecil	Mengaduk agregat
11	Talam agregat	Wadah agregat
12	Cetakan balok	Cetakan benda uji
13	Cetakan silinder	Cetakan benda uji
14	Tongkat penumbuk	Memadatkan benda uji

4.5 Data Bahan Susun Beton

Perhitungan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui proporsi bahan susun beton. Perhitungan didasarkan pada data bahan susun beton sebagai berikut :

1. Diameter maksimum agregat kasar = 20 mm
2. Kuat tekan rencana ($f'c$)
 - Untuk beton normal = 20 Mpa
 - Untuk beton mutu tinggi = 40 Mpa
3. Modulus halus pasir = 2.8
4. Berat jenis pasir (ssd) = 2.65 T/m³
5. Berat jenis kerikil = 2.70 T/m³
6. Berat jenis kerikil kering tusuk (ssd) = 2.6 T/m³
7. Berat jenis Silika Fume = 2.2 T/m³
8. Berat jenis semen = 3.15 T/m³

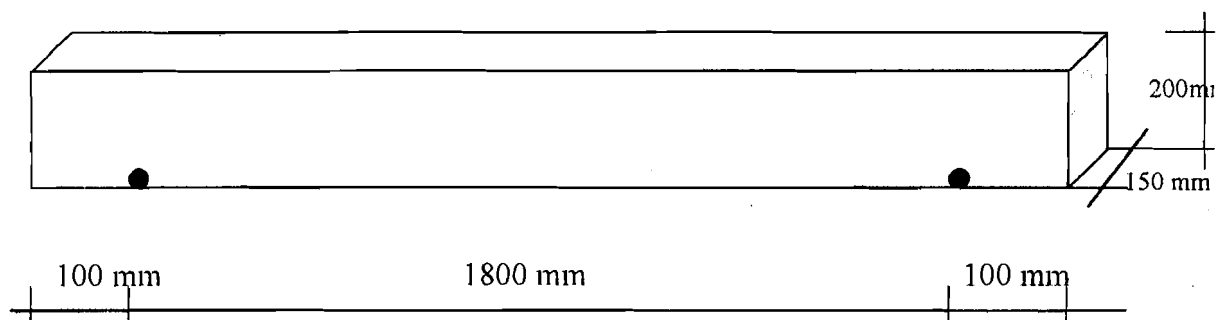
Hasil perhitungan campuran beton dengan metode ACI adalah:

1. Untuk beton mutu normal :
 - Semen = 435 kg
 - Pasir = 696 kg
 - Kerikil = 1008 kg
 - Air = 202 liter
2. Untuk beton mutu tinggi :
 - Semen = 469 kg
 - Silika Fume = 20 kg

-Pasir	= 683 kg
-Kerikil	= 1037 kg
-Air	= 166 liter
- <i>Superplastiser</i>	= 5,6 liter

4.6 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji sebanyak 8 buah dengan ukuran balok 15x20x200 cm, dengan kriteria benda uji untuk mutu normal empat buah dengan perincian dua buah balok menggunakan tulangan geser dan dua balok tanpa tulangan geser, untuk mutu tinggi empat buah dengan perincian dua balok menggunakan tulangan geser dan dua balok tanpa tulangan geser. Seperti terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Balok benda uji

Langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Setelah bahan dan alat disiapkan serta rencana campuran beton telah dibuat, dilakukan penimbangan bahan-bahan sesuai proporsi yang telah ditentukan.

Untuk beton mutu tinggi agregat kasar yang digunakan terlebih dahulu dicuci untuk menghilangkan kandungan lumpur yang menempel pada agregat. Pada saat penimbangan, pasir dan kerikil pada saat jenuh kering permukaan.

2. Bahan susun beton diaduk menjadi satu berturut-turut, agregat kasar, agregat halus, semen dan air sedikit demi sedikit sampai campuran rata, untuk beton mutu tinggi dipakai bahan tambah berupa *silika fume* dan *superplastiser*. Proporsi bahan-bahan ini disesuaikan dengan kapasitas mesin pengaduk yang dipakai.
3. Untuk mengetahui kelacakan adukan beton, maka dilakukan pengukuran slump dengan kerucut abrams ϕ atas 10 cm, ϕ bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm, yang dilengkapi tongkat penumbuk dari baja ϕ 16 mm. Pelaksanaan percobaan slump dilakukan dengan cara kerucut didesak kebawah pada penyokong-penyokong kakinya sambil diisi adukan beton, dibuat tiga lapis adukan dan tiap lapis ditumbuk sebanyak 25 kali. Bagian atas kerucut adukan diratakan dan didiamkan \pm 30 detik, kemudian kerucut abrams diangkat perlahan-lahan secara tegak lurus dan diletakkan disamping adukan tersebut, selisih tinggi tersebut dinamakan slump.
4. Dimasukkan adukan (beton segar) tersebut kedalam cetakan beton yang telah dibersihkan dan diolesi oli dan diberi tulangan, dengan adukan yang berlapis-lapis dan tiap lapis ditumbuk dengan pemadatan, sisi cetakan di ketuk-ketuk atau digetarkan dengan menggunakan palu kayu, sehingga terjadi pemadatan yang sempurna dan gelembung udara yang terperangkap akan keluar. Adukan yang

telah dicetak didiamkan dan diletakan ditempat yang terlindung dari hujan dan sinar matahari. Adukan dalam satu mesin pengaduk harus diambil dan dibuat sampel untuk mengetahui kuat desak beton tersebut.

5. Cetakan dibuka setelah pengerasan berlangsung, yaitu setelah dua minggu (PBI '71), kemudian dilakukan rawatan beton.

4.7 Rawatan Benda Uji

Rawatan benda uji adalah upaya untuk menjaga permukaan beton selalu lembab. Kelembaban permukaan beton untuk menjaga proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila rawatan ini tidak dilakukan, akan terjadi retak-retak yang menyebabkan beton kurang kuat. Rawatan dilakukan dengan menutupi sampel yang baru dibuat dengan karung goni basah dan menjaga kelembabannya dengan cara membasahi atau menyirami terus menerus karung goni tersebut. Rawatan dilakukan paling sedikit selama 2 minggu.

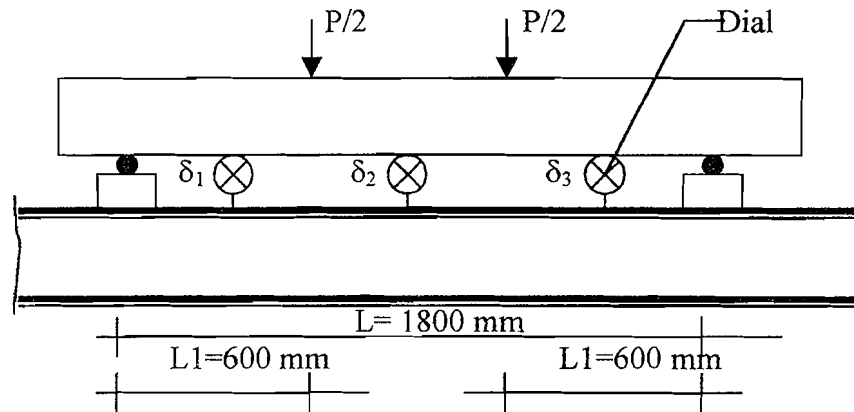
4.8 Pengujian Benda Uji

Pengujian dilakukan pada beton berumur 28 hari, dengan pengujian lentur, geser dan desak beton.

4.8.1 Pengujian Kuat Lentur dan Geser

Pelaksanaan pengujian kuat lentur dan geser dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Sebelum pengujian dilakukan, benda uji ditimbang, kemudian diberi tanda sebagai titik perletakan serta titik pembebanan pada benda uji, kemudian diletakkan pada tumpuan sesuai dengan tanda yang telah diberikan serta letak bebannya. Dibawah benda uji dipasang dial (alat pengukur lendutan) untuk mengetahui lendutan yang terjadi pada waktu dilaksanakan pengujian kuat lentur, posisi benda uji dan letak dial terlihat pada gambar 4.3.
2. Benda uji siap diuji. Alat uji digerakkan guna melakukan pembebanan secara perlahan-lahan, beban konstan dan dinaikkan secara berangsur-angsur sehingga pada batas kekuatan tertentu sampai dengan maksimum, sehingga benda uji akan mengalami retak atau patah.
3. Hasil retak ditandai dan ditulis pada saat pengujian sedang berlangsung pada benda uji yang mengalami retak tersebut.



Gambar 4.3 Perletakan benda uji

4.8.2 Pengujian Kuat Desak Beton

Langkah pengujian kuat desak beton adalah sebagai berikut :

1. Benda uji diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.
2. Mesin uji desak dihidupkan, pembebanan akan diberikan berangsur-angsur, sehingga benda uji tersebut hancur pada beban maksimal, kemudian mesin dimatikan, besar beban dicatat sesuai jarum pembebanan.

Kuat desak beton dapat diketahui dengan cara membagi beban ultimit yang dicapai dengan luas permukaan bagian yang didesak, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\sigma'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(4.1)$$

Dengan:

σ'_c = Kuat Desak Beton (Kg/cm²)

P = Beban Ultimit (Kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

4.8.3 Pengujian Kuat Tarik Tulangan

Pengujian kuat tarik baja ini dilakukan di Laboratorium Bahan konstruksi Teknik, FTSP, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian tarik baja adalah beban maksimum, beban patah dan batas luluh awal. Tegangan tarik baja dapat diketahui dengan cara membagi batas luluh awal dengan luas rata-rata dari diameter baja tulangannya (tabel 5.1).

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Penelitian yang dilakukan meliputi beberapa tahap penelitian antara lain penelitian kuat tarik baja, penelitian kuat desak silinder beton dan penelitian benda uji balok persegi, sesuai dengan prosedur yang berlaku. Diharapkan benda uji tersebut dapat mewakili sifat karakteristik beton yang diteliti dalam percobaan ini. Hasil dari penelitian adalah seperti pada tabel-tabel dibawah ini.

1. Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

Tabel 5.1 Data Hasil Pengujian Tarik Baja

Diameter Pengenal (mm)	Diameter Terukur (mm)	Tegangan Leleh (Mpa)	Tegangan Tarik Max (Mpa)	Tegangan Patah (Mpa)
6	5,27	248	367	275
6	5,38	260	389	282
6	5,11	261	407	290
12	11,16	229	344	270
12	11,68	210	319	248
12	11,63	218	325	252

Tegangan leleh baja rata-rata berdasarkan tabel 5.1:

$$f_y = \frac{248 + 260 + 261 + 229 + 210 + 218}{6} = 237,67 \text{ Mpa}$$



2. Hasil Pengujian Kuat desak beton

Tabel 5.2 Data Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 28 Hari

Nomor Silinder	Nomor Balok	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Kuat Tekan rata-rata (Mpa)
H-1a	H-1DTG	45,2	44,85
H-1b		44,5	
H-2a	H-2DTG	43,8	43,8
H-2b		43,8	
H-3a	H-3TTG	42,7	42,85
H-3b		43,0	
H-4a	H-4TTG	47,5	46,8
H-4b		46,1	
N-1a	N-1DTG	36,7	33,3
N-1b		29,9	
N-2a	N-2DTG	26,7	19,4
N-2b		12,1	
N-3a	N-3TTG	25,8	28,7
N-3b		31,6	
N-4a	N-4TTG	30,9	31,0
N-4b		31,1	

Kuat tekan beton sesungguhnya untuk beton mutu tinggi berdasarkan tabel 5.2:

$$f'_{cr} = \frac{356,6}{8} = 44,575 \text{ Mpa}$$

$$sd = \sqrt{\frac{(f'c - f'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(40 - 44,575)^2}{8-1}} = 1,729$$

$$f'_{cr} = f'c + k.sd$$

$$f'c = f'_{cr} - 1,64.sd$$

$$f'c = 44,575 - 1,64.1,729$$

$$f'c = 41,74 \text{ Mpa}$$

Kuat tekan beton sesungguhnya lebih besar dari kuat tekan beton rencana yaitu

40 Mpa.

Kuat tekan beton sesungguhnya untuk beton mutu normal berdasarkan tabel 5.2

$$f'_{cr} = \frac{224,8}{8} = 28,1 \text{ Mpa}$$

$$sd = \sqrt{\frac{(f'_{c} - f'_{cr})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{(20 - 28,1)^2}{8 - 1}} = 3,062$$

$$f'_{cr} = f'_{c} + k \cdot sd$$

$$f'_{c} = f'_{cr} - 1,64 \cdot sd$$

$$f'_{c} = 28,1 - 1,64 \cdot 3,062$$

$$f'_{c} = 23,08 \text{ Mpa}$$

Kuat tekan beton sesungguhnya lebih besar dari kuat tekan beton rencana yaitu 20 Mpa.

3. Hasil pengujian lentur sample balok beton mutu tinggi dengan tulangan geser minimum (H-DTG)

Tabel 5.3 Data Hasil Pengujian Balok Beton Mutu Tinggi Dengan Tulangan Geser Minimum

NO	SAMPLE H-1DTG					SAMPLE H-2DTG				
	P (ton)	W (kg)	DEFLEKSI (mm)			P (ton)	W (kg)	DEFLEKSI (mm)		
			δ_1	δ_2	δ_3			δ_1	δ_2	δ_3
1	1	155.5	1.25	1.22	0.61	1	156	0.30	0.56	0.47
2	2		2.04	1.95	1.06	2		1.38	1.555	1.19
3	3		2.67	2.09	1.42	3		2.14	2.36	2.74
4	4		3.73	3.56	2.00	4		2.94	3.23	2.37
5	5		4.82	4.27	2.78	5		4.00	4.295	3.15
6	6		5.47	5.56	3.29	6		4.78	5.265	4.81
7	7		5.98	6.22	3.72	7		5.78	6.48	4.69
8	8		8.55	10.48	6.24	8		6.80	7.99	6.69
9	8		9.5	12.74	7.69	8		8.20	10.35	7.98
10	8		11.43	16.38	9.08	8		9.01	11.61	8.66
11	8		15.05	20.15	11.51	8		10.05	13.26	8.53
12	8		16.75	24.43	13.74	8		11.01	14.9	9.45
13	8		19.27	29.41	16.11	8		12.01	16.55	10.36
14						8		13.04	18.14	11.24
15						8		13.90	19.67	12.12
16						8		15.10	21.61	13.43
17						8		16.63	24.47	15.05
18						8		19.24	27.17	16.55

Berdasarkan tabel 5.3 diperoleh :

Beban maksimum : 8 ton

Beban terjadi retak awal : 3.5 ton

4. Hasil pengujian lentur sample balok beton mutu tinggi tanpa tulangan geser minimum (H-TTG)

Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian Balok Beton Mutu Tinggi Tanpa Tulangan Geser Minimum

NO	SAMPLE H-3TTG					SAMPLE H-4TTG				
	P (ton)	W (kg)	DEFLEKSI (mm)			P (ton)	W (kg)	DEFLEKSI (mm)		
			δ_1	δ_2	δ_3			δ_1	δ_2	δ_3
1	1	150.5	1.15	2.01	1.79	1	149.5	1.47	1.05	1.5
2	2		2.54	2.76	1.61	2		2.17	2.31	1.79
3	3		3.73	3.95	2.48	3		3.47	3.47	2.55
4	4		4.74	5.11	3.31	4		4.48	4.67	3.48
5	5		5.69	6.37	4.26	5		5.61	6.44	4.48
6	6		6.43	6.78	5.95	6		6.65	7.55	5.85
7	7		7.05	8.07	5.56	7		7.90	9.23	6.79
8	7		12.64	11.67	6.65	7		13.2	18.55	12.48
9						7		14.08	18.80	13.23
10						7		15.15	21.33	14.39
11						7		15.65	21.80	14.91
12						7		16.3	22.20	15.51
13						7		16.98	23.12	16.89

Berdasarkan tabel 5.4 diperoleh :

Beban maksimum : 7 ton

Beban terjadi retak pertama : 3 ton

5. Hasil pengujian lentur sample balok beton mutu normal dengan tulangan geser minimum (N-DTG)

Tabel 5.5 Data Hasil Pengujian Balok Beton Mutu Normal Dengan Tulangan Geser Minimum

NO	SAMPLE N-1DTG					SAMPLN-2DTG				
	P (ton)	W (kg)	DEFLEKSI (mm)			P (ton)	W (kg)	DEFLEKSI (mm)		
			δ_1	δ_2	δ_3			δ_1	δ_2	δ_3
1	0.5	140.5	0.48	0.7	0.37	0.5	141.5	0.38	0.44	0.41
2	1.0		0.78	1.34	0.88	1.0		0.80	0.87	0.80
3	1.5		1.32	1.85	1.31	1.5		1.35	1.46	1.19
4	2.0		1.74	2.25	1.59	2.0		1.80	1.92	1.51
5	2.5		2.25	2.77	1.97	2.5		2.22	2.4	1.86
6	3.0		2.58	3.16	2.25	3.0		2.68	2.97	2.25
7	3.5		3.04	3.66	2.6	3.5		3.32	3.73	2.77
8	4.0		3.64	4.30	3.08	4.0		3.78	4.26	3.17
9	4.5		4.21	4.95	3.56	4.5		4.42	5.00	3.56
10	5.0		4.75	5.56	4.03	5.0		5.07	5.58	4.12
11	5.5		5.18	6.03	4.38	5.5		5.48	6.54	4.46
12	6.0		5.59	6.55	4.77	6.0		5.99	6.86	4.90
13	6.5		6.02	7.14	5.22	6.5		6.55	7.40	5.38
14	7.0		6.59	8.05	5.82	7.0		7.01	7.89	5.78
15	7.0		7.19	9.03	6.46	7.0		8.33	9.94	6.96
16	7.0		12.11	18.38	12.22	7.0		10.92	14.57	9.70
17	7.0		13.94	20.50	13.55	7.0		12.26	17.42	11.39
18	7.0		14.55	21.41	14.16	7.0		14.35	19.58	12.60
19	7.0		15.53	23.76	15.40	7.0		15.88	20.21	14.29
20	7.0		16.35	24.51	16.18	7.0		15.98	22.44	15.55
21	7.0		17.45	25.99	17.12	7.0		17.22	25.41	17.05

Berdasarkan tabel 5.5 diperoleh :

Beban maksimum : 7 ton

Beban terjadi retak awal : 2.5 ton

6. Hasil pengujian lentur sample balok beton mutu normal tanpa tulangan geser minimum (N-TTG)

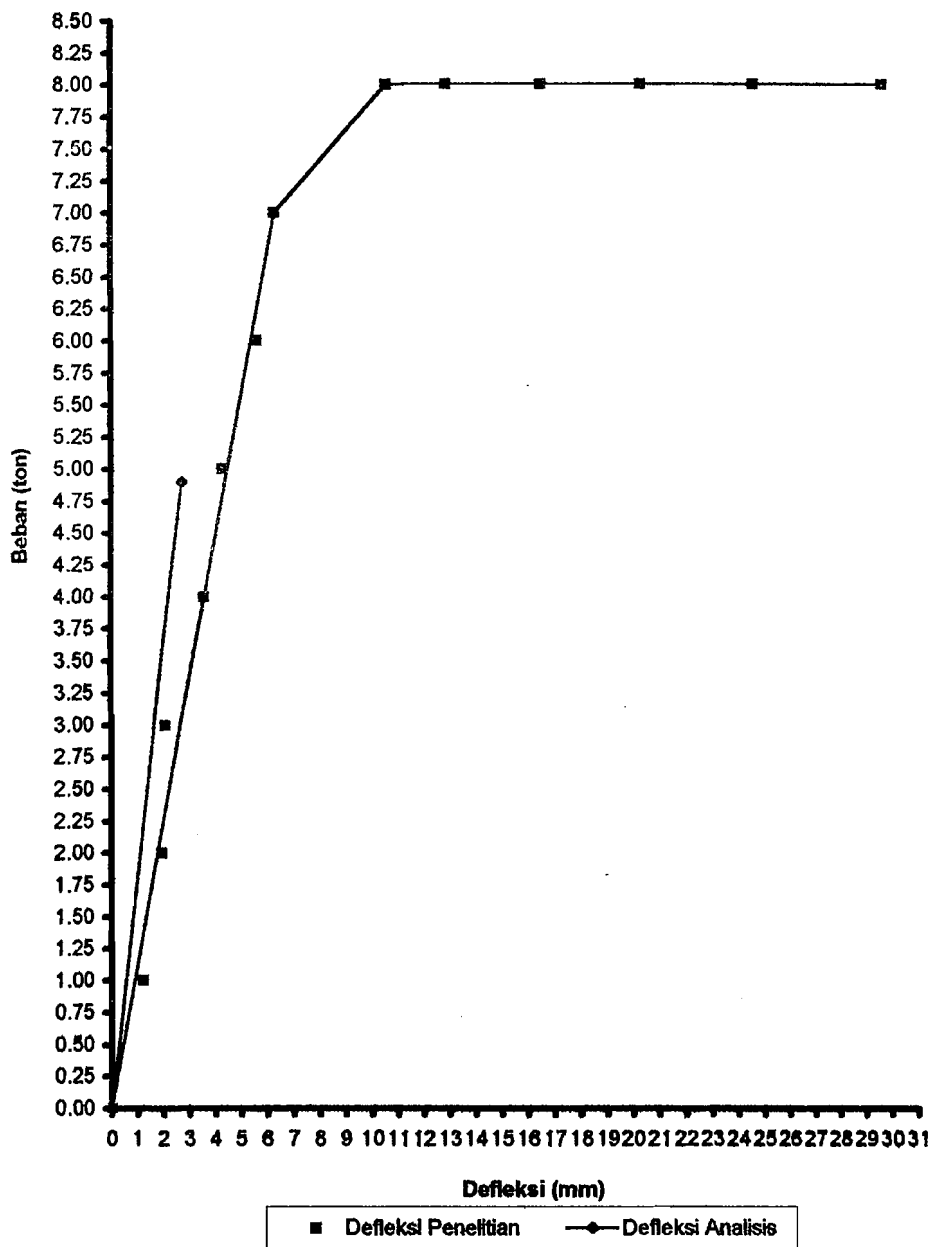
Tabel 5.6 Data Hasil Pengujian Balok Beton Mutu Normal Tanpa Tulangan Geser Minimum

NO	SAMPLE N-1TTG					SAMPLE N-2TTG				
	P (ton)	W (kg)	DEFLEKSI (mm)			P (ton)	W (kg)	DEFLEKSI (mm)		
			δ_1	δ_2	δ_3			δ_1	δ_2	δ_3
1	0.5	145	0.74	0.73	0.6	0.5	144	1.15	1.26	1.44
2	1.0		1.44	1.36	1.14	1.0		1.85	1.92	1.88
3	1.5		1.95	1.88	1.56	1.5		2.48	2.55	2.39
4	2.0		2.74	2.62	2.1	2.0		3.14	3.25	2.95
5	2.5		3.56	3.45	2.69	2.5		3.84	4.44	3.45
6	3.0		4.09	4.09	3.14	3.0		4.55	4.67	3.98
7	3.5		4.94	4.36	3.35	3.5		5.27	5.43	4.54
8	4.0		5.34	5.39	4.23	4.0		5.87	6.15	5.10
9	4.5		5.90	6.08	4.95	4.5		6.42	6.83	5.63
10	5.0		6.78	7.27	6.36	5.0		6.99	7.55	6.23
11	5.5		6.44	8.59	9.76	5.5		7.55	8.30	6.94
12						6.0		8.50	9.43	7.81
13						6.5		9.55	10.97	8.36
14						6.5		10.84	12.8	9.61
15						6.5		14.62	18.94	14.53
16						6.5		15.64	20.34	14.63
17						6.5		16.64	20.54	15.74
18						6.5		17.68	22.24	16.87
19						6.5		18.74	23.94	18.21
20						6.5		19.75	25.47	19.21

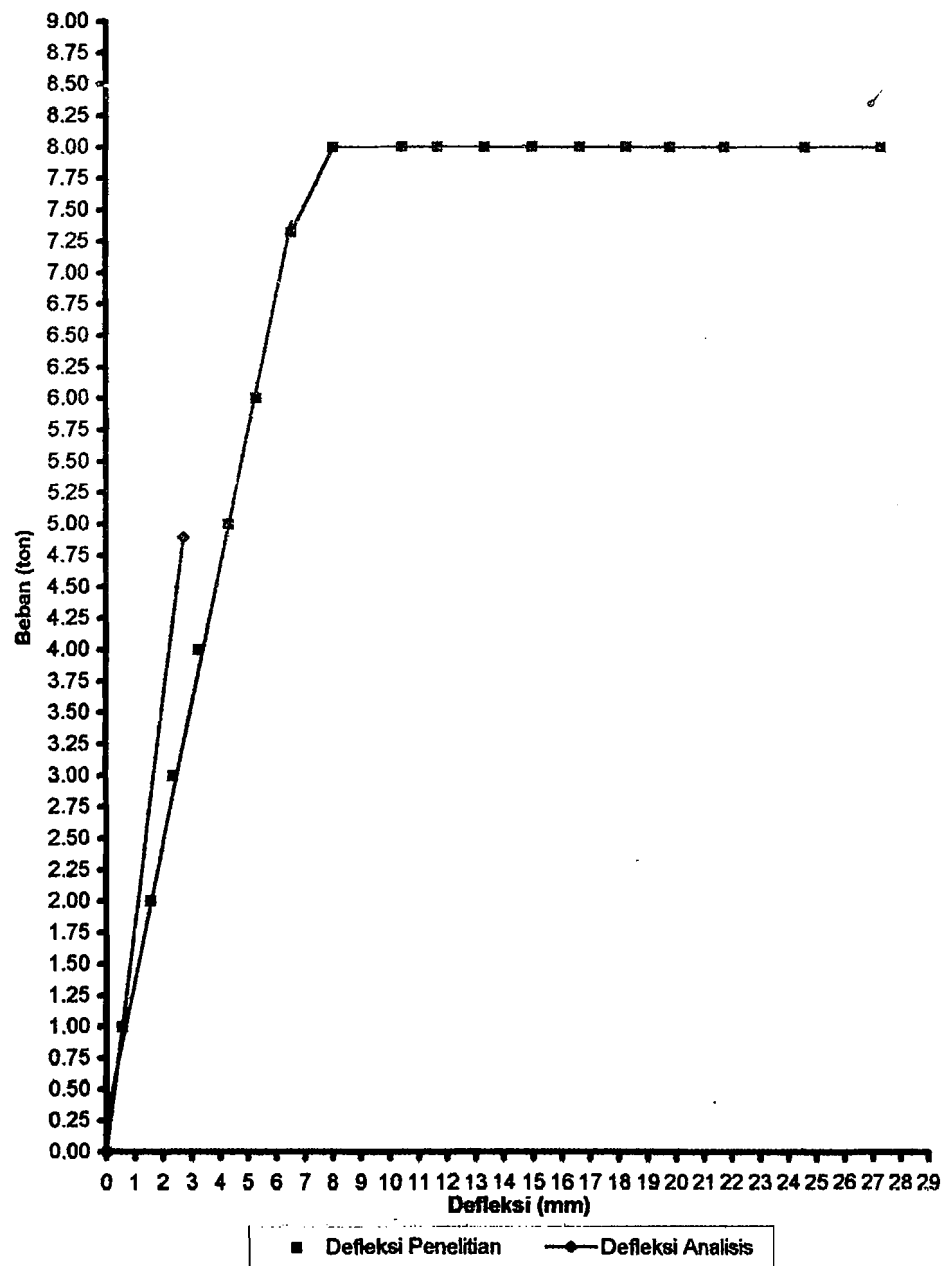
Berdasarkan tabel 5.6 diperoleh :

Beban maksimum : 5.5 ton dan 6,5 ton

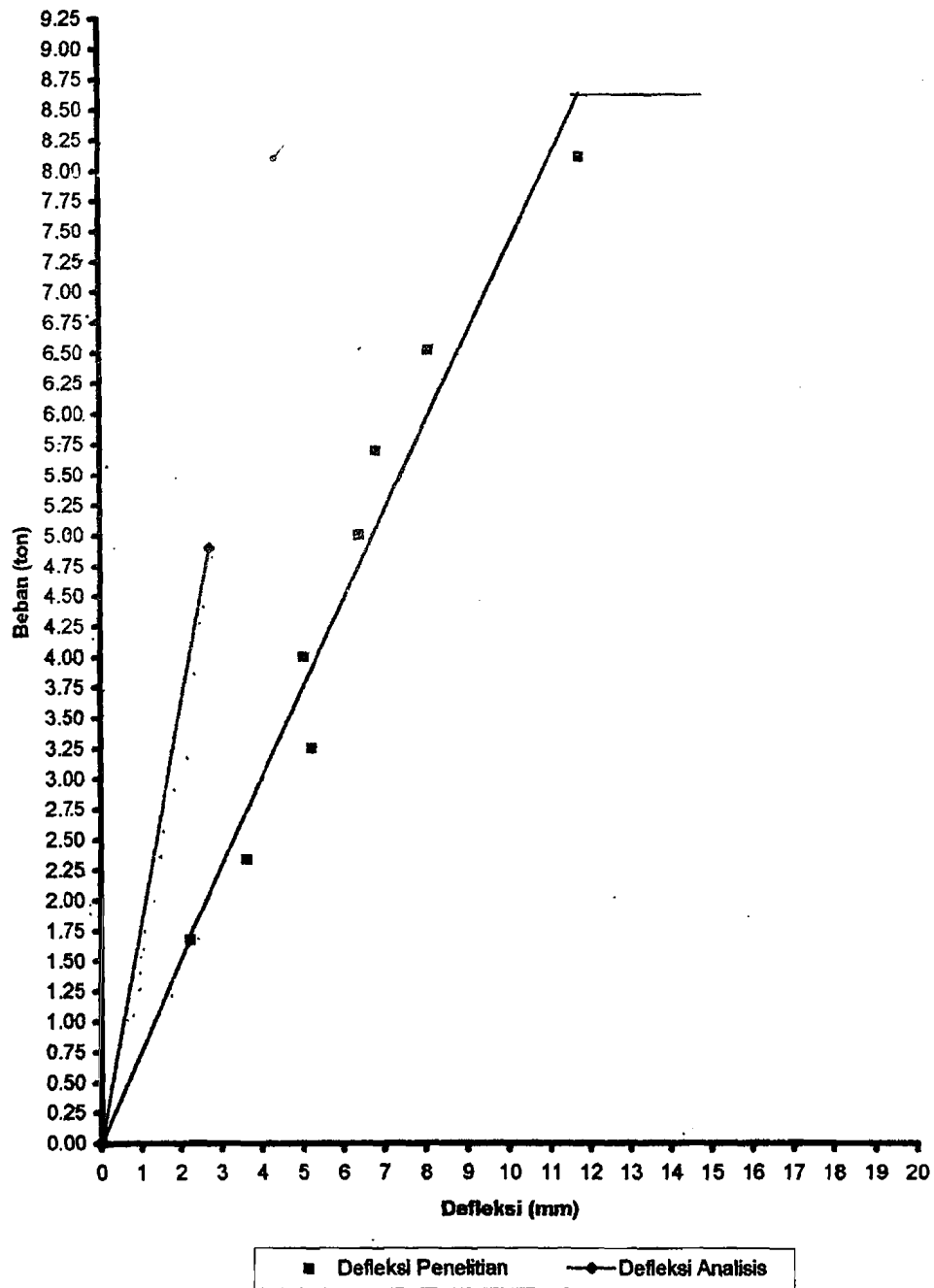
Beban terjadi retak pertama : 2 ton



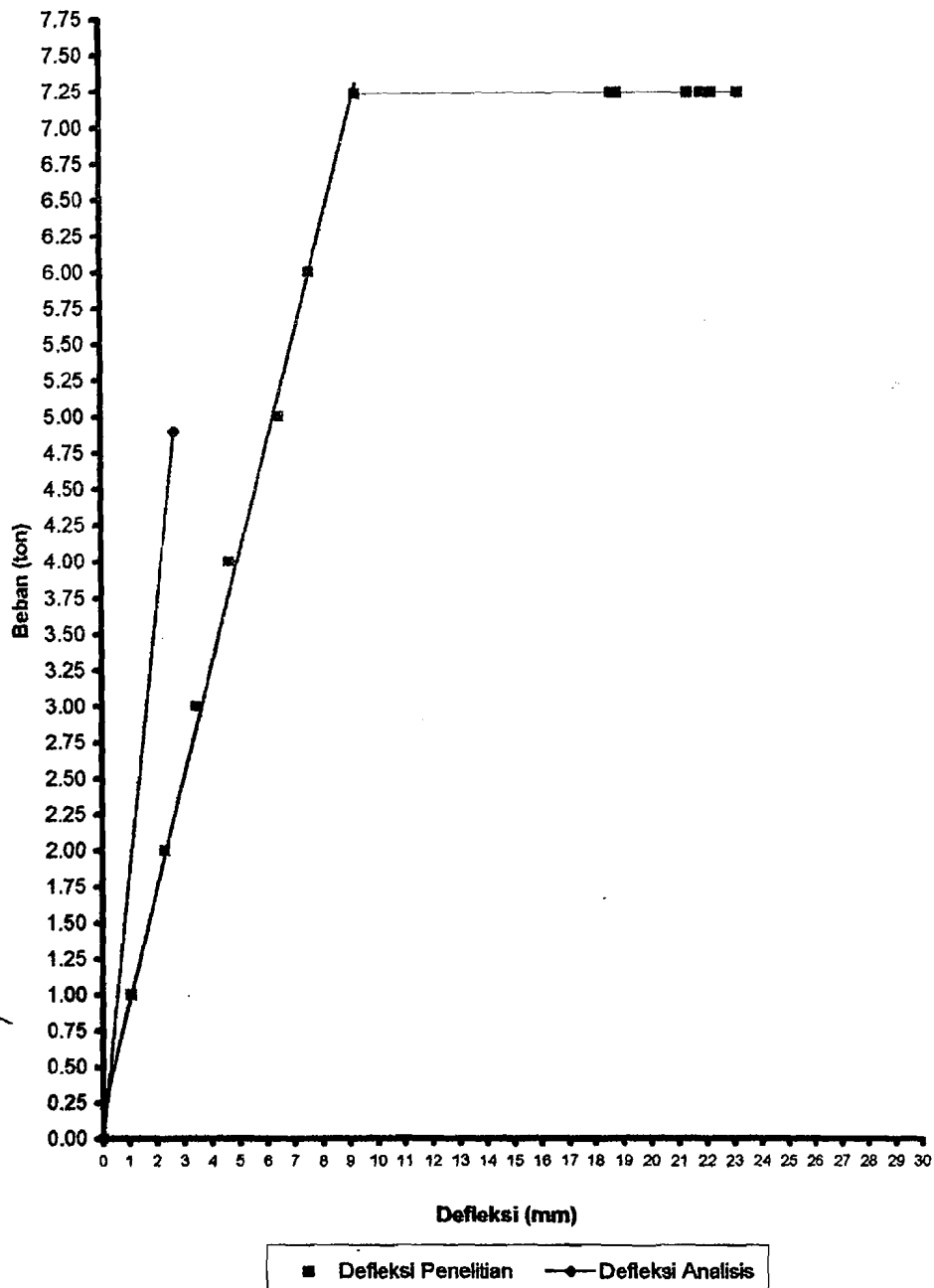
Gambar 5.1 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi dengan tulangan geser minimum (H-1DTG) dari hasil penelitian dan dari hasil analisis.



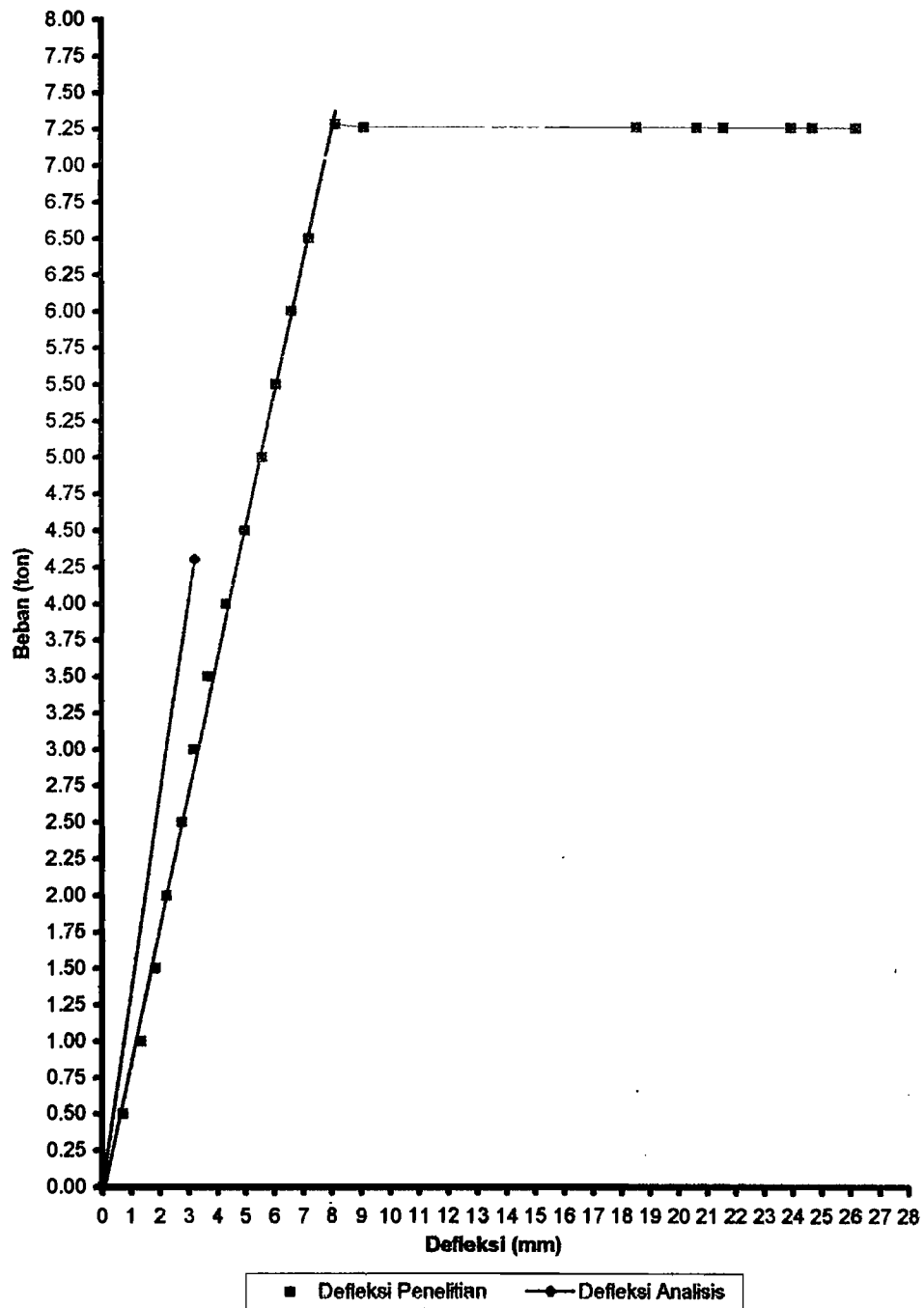
Gambar 5.2 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi dengan tulangan geser minimum (H-2DTG) dari hasil penelitian dan dari hasil analisis.



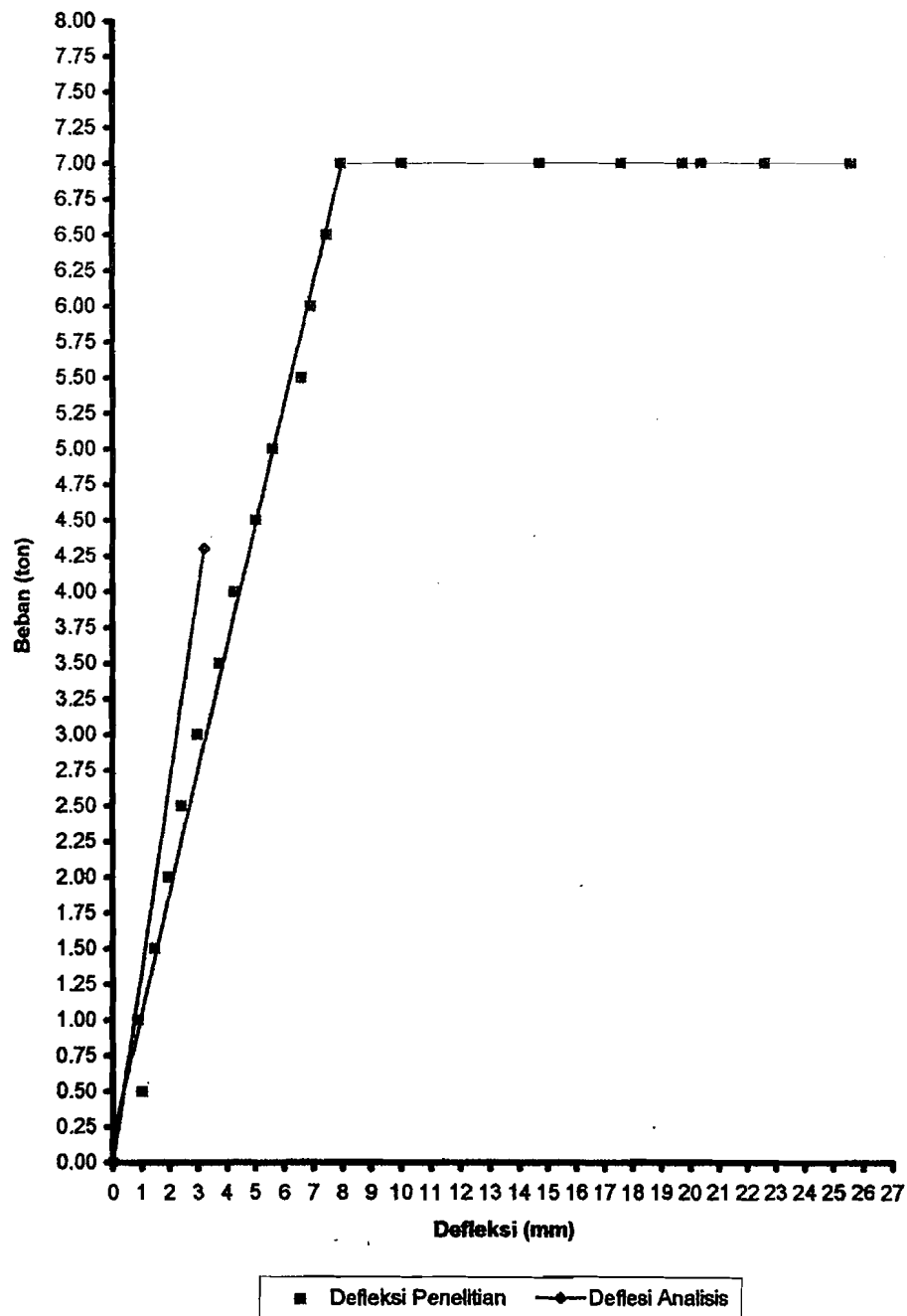
Gambar 5.3 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi tanpa tulangan geser minimum (H-3TTG)) dari hasil penelitian dan dari hasil analisis.



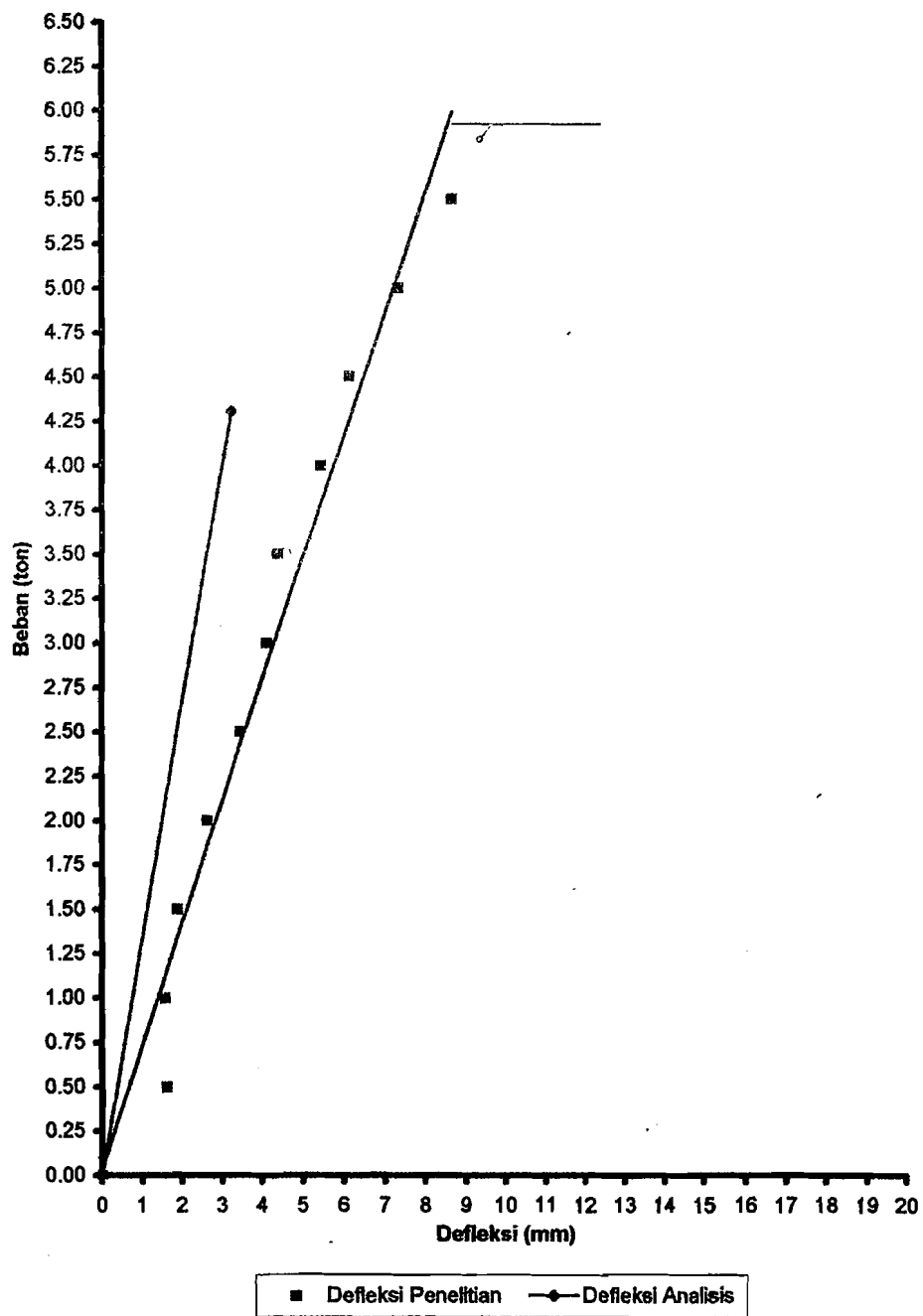
Gambar 5.4 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi tanpa tulangan geser minimum (H-4TTG) dari hasil penelitian dan dari hasil analisis.



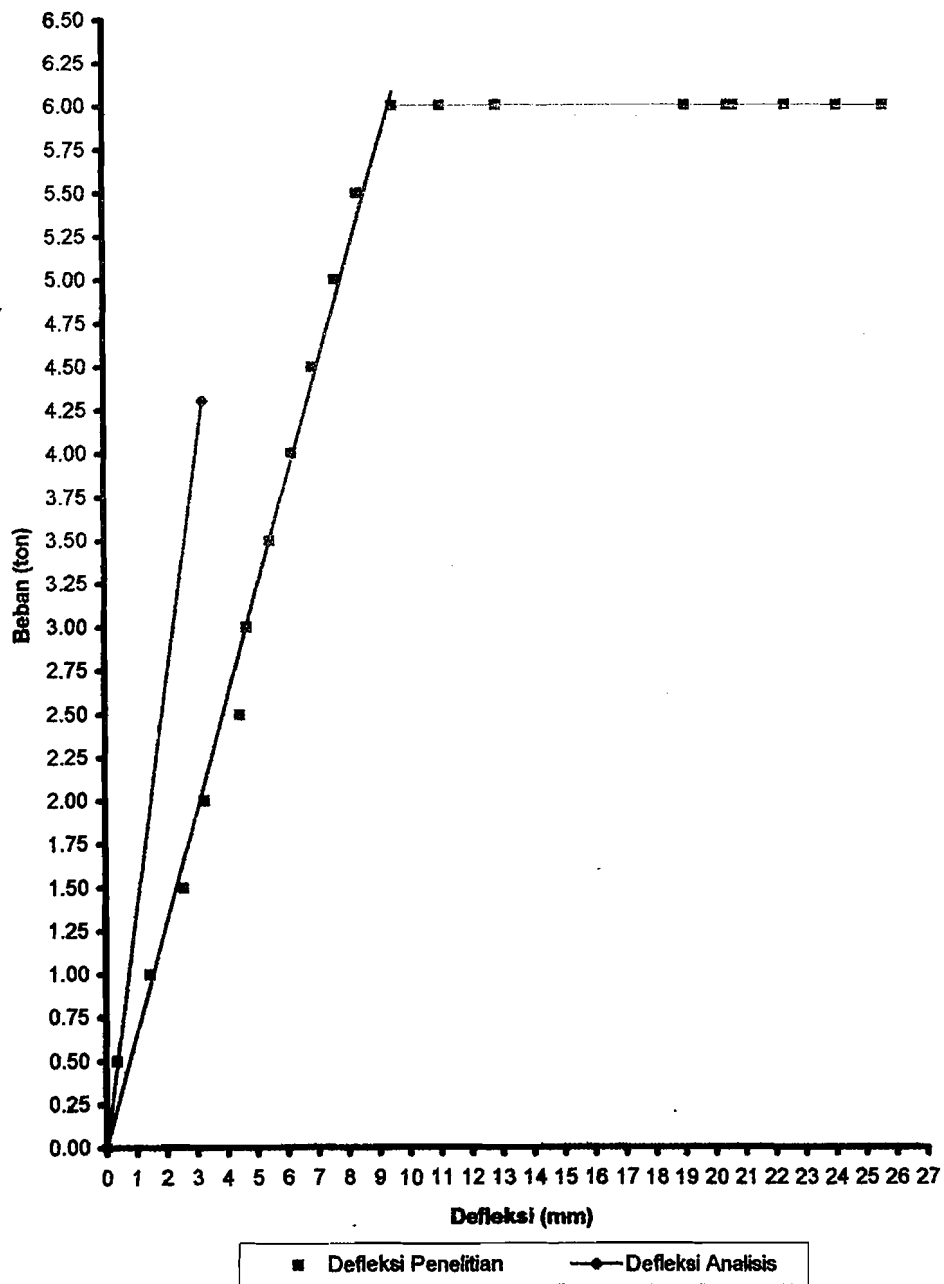
Gambar 5.5 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu normal dengan tulangan geser minimum (N-1DTG)) dari hasil penelitian dan dari hasil analisis.



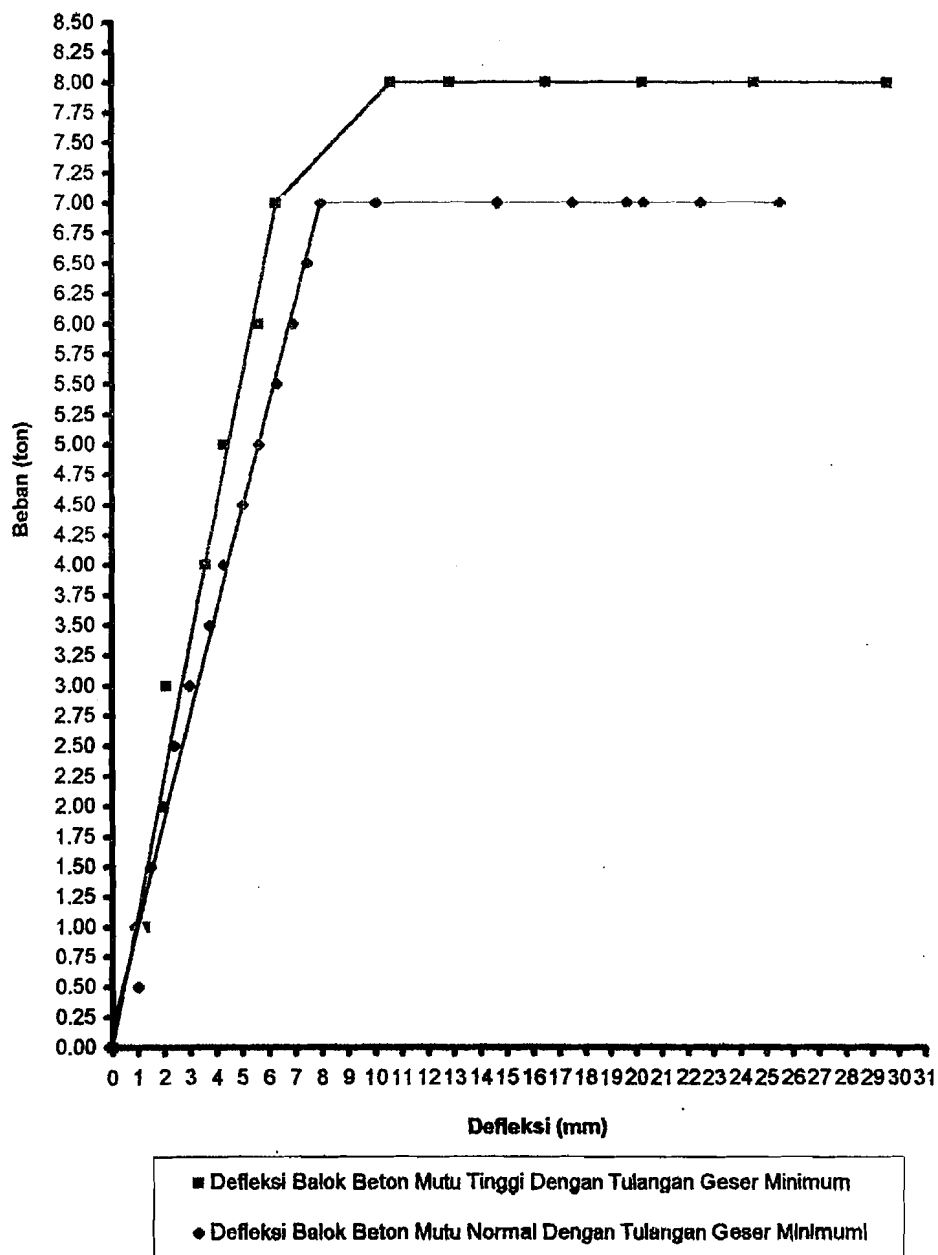
Gambar 5.6 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu normal dengan tulangan geser minimum (N-2DTG)) dari hasil penelitian dan dari hasil analisis.



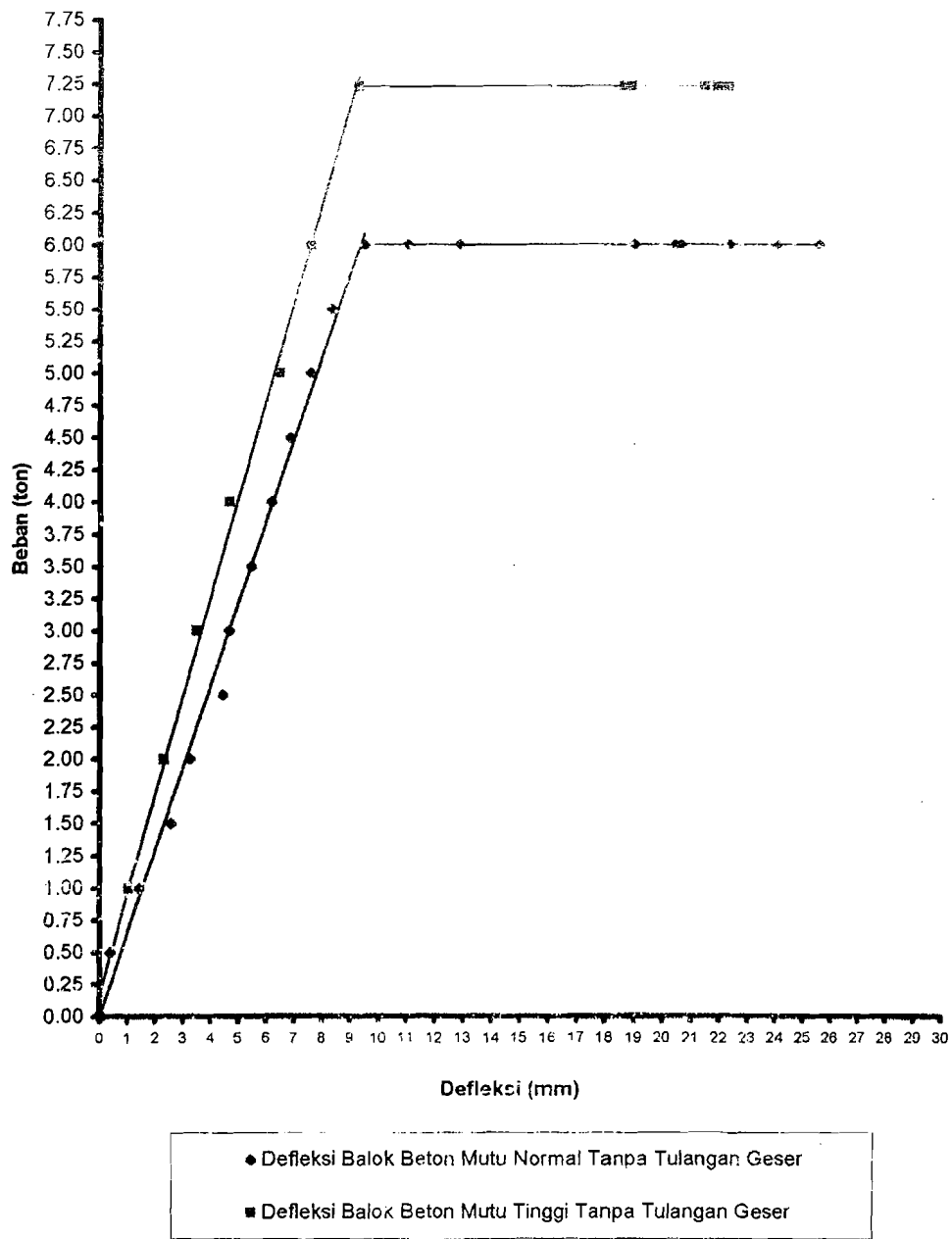
Gambar 5.7 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu normal tanpa tulangan geser minimum (N-3TTG) dari hasil penelitian dan dari hasil analisis.



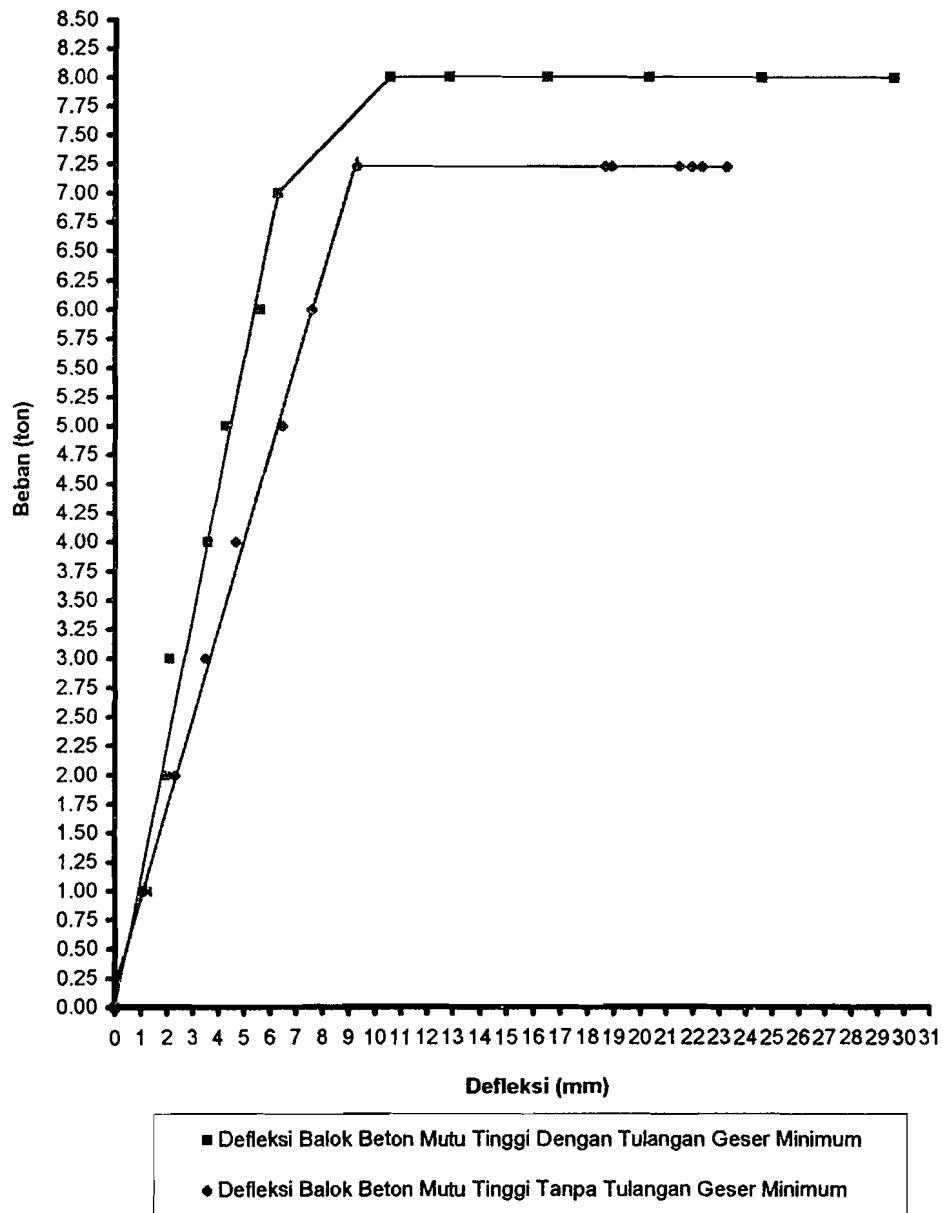
Gambar 5.8 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu normal tanpa tulangan geser minimum (N-4TTG) dari hasil penelitian dan dari hasil analisis.



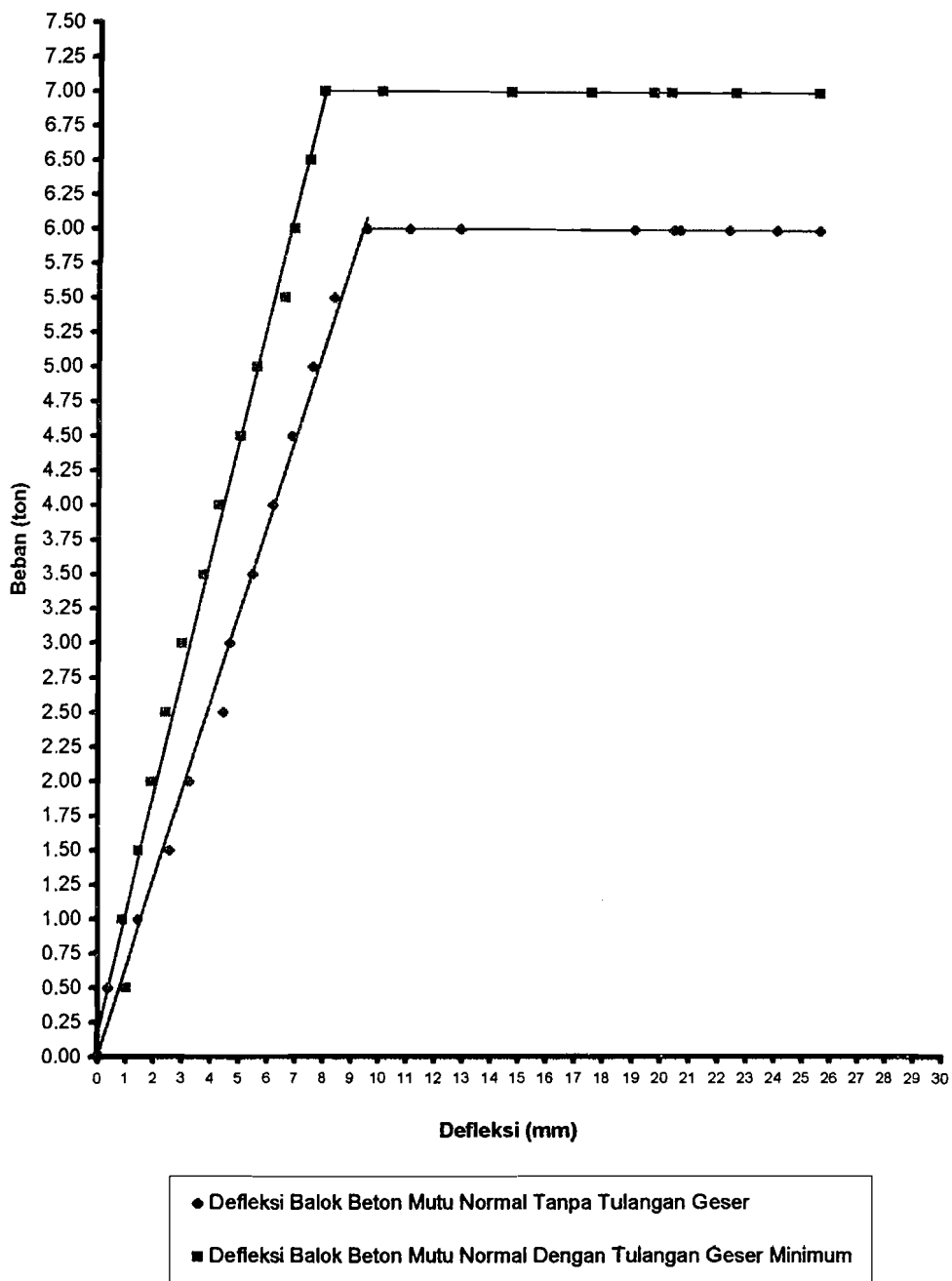
Gambar 5.9 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi dengan tulangan geser minimum (H-DTG) dan balok beton mutu normal dengan tulangan geser minimum (N-DTG) hasil penelitian .



Gambar 5.10 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi tanpa tulangan geser (H-TTG) dari balok beton mutu normal tanpa tulangan geser (N-TTG) hasil penelitian.



Gambar 5.11 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu tinggi dengan tulangan geser minimum (H-DTG) dan balok beton mutu tinggi tanpa tulangan geser (H-TTG) dari hasil penelitian.



Gambar 5.12 Grafik hubungan antara beban (ton) dan defleksi (mm) balok beton mutu normal dengan tulangan geser minimum (N-DTG) dan balok beton mutu normal tanpa tulangan geser (N-TTG) dari hasil penelitian.

5.2 Perhitungan Kekuatan Balok Beton Secara Analisis.

5.2.1 Perhitungan Kekuatan Balok Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Analisis

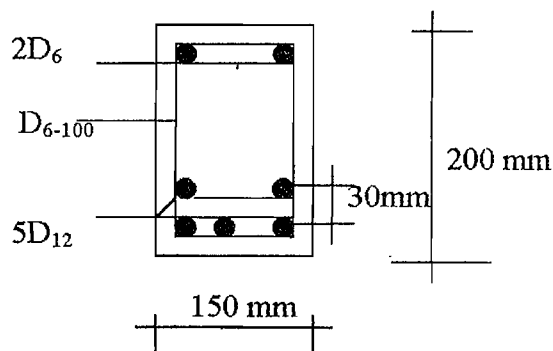
Tulangan Sebelah.

Diketahui data data sebagai berikut:

Lebar balok (b)=150 mm, panjang (L)=2000 mm, $f_y=237,67$ Mpa $f'_c=41,74$

Mpa,

d aktual=200-20-6-12-(30/2)=147 mm



$$A_s = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 5 = \frac{1}{4} \pi \cdot 12^2 \cdot 5 = 565,487 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_1 = 0,85 - \frac{f'_c}{800} \geq 0,725$$

$$\alpha_1 = 0,85 - \frac{41,74}{800} = 0,798$$

$$\beta_1 = 0,95 - \frac{f'_c}{400} \geq 0,70$$

$$\beta_1 = 0,95 - \frac{41,74}{400} = 0,846$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{565,487}{150 \times 147} = 0,02565$$

$$\rho_b = \frac{\alpha_1 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,798 \cdot 41,74 \cdot 0,846}{237,67} \left(\frac{600}{600 + 237,67} \right) = 0,0849$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0849 = 0,0637$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{237,67} = 0,00589$$

$$\rho > \rho_{min} \text{ dan } \rho_{maks} > \rho \dots \dots \dots \text{Ok}$$

Tinggibaloktekan

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{\alpha_1 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{565,467 \cdot 237,67}{0,798 \cdot 41,74 \cdot 150} = 26,9 \text{ mm}$$

Kapasitastampang

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 565,487 \cdot 237,67 \left(147 - \frac{26,9}{2} \right) = 17,949 \text{ KNm}$$

$$M_u = \phi M_n = 0,85 \cdot 17,949 = 15,257 \text{ KNm}$$

$$M_u = M_n = \frac{1}{2} P_u \cdot 0,6 + \frac{1}{8} W_u L^2$$

$$W_D = 150 \cdot 200 \cdot 10^{-6} \cdot 24 = 0,72 \text{ KN/m}$$

$$W_u = 1,2 \cdot 0,72 = 0,864 \text{ KN/m}$$

$$15,257 = 0,5 \cdot P_u \cdot 0,6 + \frac{0,864}{8} \cdot 2^2$$

$$P_u = 49,42 \text{ KN}$$

$$P_u = 4,942 \text{ ton}$$

Kekuatan Geser Beton

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{41,74} \cdot 150 \cdot 147 \cdot 10^{-3} = 23,74 \text{ KN}$$

Kapasitas lentur balok lebih besar dari pada kapasitas geser balok tanpa tulangan

geser.

Jika digunakan tulangan geser minimum maka :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{56,55 \cdot 237,67 \cdot 147}{100} = 19,757 \text{ KN}$$

Kapasitas geser total

$$V_t = V_c + V_s = 23,74 + 19,757 = 43,497 \text{ KN}$$

Kapasitas lentur lebih besar dari kapasitas geser balok dengan tulangan geser

Dari perhitungan maka kegagalan yang terjadi adalah kegagalan geser.

Perhitungan deflesi pada beban analisis:

Diketahui: $a=600\text{mm}$, $A_s=565,487\text{mm}^2$, $b=150\text{mm}$, $h=200\text{mm}$, $d=150\text{mm}$,

$L=2000\text{mm}$.

$$E_c = (3320 \sqrt{f'_c} + 6900) \left(\frac{W_c}{2300} \right)^{1,5} = (3320 \sqrt{41,74} + 6900) \left(\frac{2400}{2300} \right)^{1,5} = 30218,18273 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{30218,18273} = 6,62$$

Jarak pusat berat keserat terluar

$$y = \frac{\left(\frac{b \cdot h^2}{2} \right) + (n-1) A_s \cdot d}{b \cdot h + (n-1) A_s} = \frac{\left(\frac{150 \cdot 200^2}{2} \right) + (6,62-1) \cdot 565,487 \cdot 147}{150 \cdot 200 + (6,62-1) \cdot 565,487} = 104,502 \text{ mm}$$

$$I_t = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot (y-b)^2 + (n-1) \cdot A_s \cdot (d-y)^2$$

$$I_t = \frac{150 \cdot 200^3}{12} + 150 \cdot 200 \cdot (104,502 - 147)^2 + (6,62-1) \cdot 565,487 \cdot (147 - 104,502)^2 = 159922189,1 \text{ mm}^4$$

Defleksi maksimum pada tengah bentang (Δ_{mak})

$$\Delta_{\text{mak}} = \frac{P \cdot a}{24 \cdot EI} (3L^2 - 4a^2) = \frac{49420 \cdot 600}{24 \cdot 30218,18273 \cdot 159922189,1} (3 \cdot 2000^2 - 4 \cdot 600^2) = 2,7 \text{ mm}$$

5.2.2 Perhitungan Kekuatan Balok Beton Mutu Normal Berdasarkan Analisis

Tulangan Sebelah.

Diketahui data data sebagai berikut:

Lebar balok (b)=150 mm, panjang (L)=2000 mm, $f_y=237,67$ Mpa $f'_c=23,08$

Mpa, d aktual=147

mm.

$$\rho = \frac{As}{bd} = \frac{565,487}{150 \times 147} = 0,02565$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 23,08 \cdot 0,85}{237,67} \left(\frac{600}{600 + 237,67} \right) = 0,0503$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0503 = 0,0503$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{237,67} = 0,00589$$

$$\rho > \rho_{min} \text{ dan } \rho_{maks} > \rho \dots \dots \dots \text{Ok}$$

Tinggibalo ktekan

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{565,467 \cdot 237,67}{0,85 \cdot 23,08 \cdot 150} = 45,67 \text{ mm}$$

Kapasitast ampang

$$Mn = As \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 565,487 \cdot 237,67 \left(147 - \frac{45,67}{2} \right) = 16,688 \text{ KNm}$$

$$Mu = \phi Mn = 0,85 \cdot 16,688 = 13,3504 \text{ KNm}$$

$$Mu = Mn = \frac{1}{2} Pu \cdot 0,6 + \frac{1}{8} WuL^2$$

$$WD = 150 \cdot 200 \cdot 10^{-6} \cdot 24 = 0,72 \text{ KN / m}$$

$$Wu = 1,2 \cdot 0,72 = 0,864 \text{ KN / m}$$

$$14,8639 = 0,5 \cdot Pu \cdot 0,6 + \frac{0,864}{8} \cdot 2^2$$

$$Pu = 43,061 \text{ KN}$$

$$Pu = 4,30611 \text{ ton}$$

Gaya geser akibat beban luar adalah

$P_u = 8000 \text{ kg}$ (beban maksimum)

$$V_u = \frac{1}{2} P_u = \frac{1}{2} \cdot 8000 = 4000 \text{ kg} = 40 \text{ KN}$$

Penampang kritis pertama adalah pada jarak $d = 14,7 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok (setengah bentang 100 cm)

$$\frac{100 - 14,7}{100} \cdot 40 = 34,12 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 23,74 = 14,244 \text{ KN} < V_u - 34,12 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah

$$W = 155,5 \text{ kg} = 1,555 \text{ KN}$$

$$q = \frac{1,555}{2} = 0,7775 \text{ KN/m}$$

$$M_u = \frac{P_u}{2} \cdot 0,6 + \frac{q}{2} L^2 = \frac{80}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,7775}{8} \cdot 2^2 = 24,38875 \text{ KNm}$$

$$M_u \geq \phi M_n = 15,257 \text{ KNm}$$

2. Sampel balok mutu tinggi dengan menggunakan tulangan geser minimum

(H-2DTG)

Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh Beton adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{41,74} \cdot 150 \cdot 147 \cdot 10^{-3} = 23,74 \text{ KN}$$

Gaya geser akibat beban luar adalah

$P_u = 8000 \text{ kg}$ (beban maksimum)

$$V_u = \frac{1}{2} P_u = \frac{1}{2} \cdot 8000 = 4000 \text{ kg} = 40 \text{ KN}$$

Penampang kritis pertama adalah pada jarak $d = 14,7 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok (setengah bentang 100 cm)

$$\frac{100 - 14,7}{100} \cdot 40 = 34,12 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 23,74 = 14,244 \text{ KN} < V_u = 34,12 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah

$$W = 156 \text{ kg} = 1,56 \text{ KN}$$

$$q = \frac{1,56}{2} = 0,78 \text{ KN/m}$$

$$M_u = \frac{P_u}{2} \cdot 0,6 + \frac{q}{2} l^2 = \frac{80}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,78}{8} \cdot 2^2 = 24,39 \text{ KNm}$$

$$M_u \geq \phi M_n = 15,257 \text{ KNm}$$

3. Sampel balok mutu tinggi tanpa menggunakan tulangan geser minimum

(H-3TTG)

Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh Beton adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{41,74} \cdot 150 \cdot 147 \cdot 10^{-3} = 23,74 \text{ KN}$$

Gaya geser akibat beban luar adalah

$P_u = 7000 \text{ kg}$ (beban maksimum)

$$V_u = \frac{1}{2} P_u = \frac{1}{2} \cdot 7000 = 3500 \text{ kg} = 35 \text{ KN}$$

Penampang kritis pertama adalah pada jarak $d = 14,7 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok (setengah bentang 100 cm)

$$\frac{100 - 14,7}{100} \cdot 35 = 29,855 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 23,74 = 14,244 \text{ KN} < V_u = 29,855 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah

$$W = 150,5 \text{ kg} = 1,505 \text{ KN}$$

$$q = \frac{1,505}{2} = 0,7525 \text{ KN/m}$$

$$M_u = \frac{P_u}{2} \cdot 0,6 + \frac{q}{2} L^2 = \frac{70}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,7525}{8} \cdot 2^2 = 21,37625 \text{ KNm}$$

$$M_u > \phi M_n = 15,257 \text{ KNm}$$

4. Sampel balok mutu tinggi dengan menggunakan tulangan geser minimum

(H-4TTG)

Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh Beton adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_{c,b}} \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{41,74} \cdot 150 \cdot 147 \cdot 10^{-3} = 23,74 \text{ KN}$$

Gaya geser akibat beban luar adalah

$P_u = 7000$ kg (beban maksimum)

$$V_u = \frac{1}{2} P_u = \frac{1}{2} \cdot 7000 = 3500 \text{ kg} = 35 \text{ KN}$$

Penampang kritis pertama adalah pada jarak $d = 14,7$ cm dari muka perletakan balok (setengah bentang 100 cm)

$$\frac{100 - 14,7}{100} \cdot 35 = 29,855 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 23,74 = 14,244 \text{ KN} < V_u = 29,855 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah

$$W = 149,5 \text{ kg} = 1,495 \text{ KN}$$

$$q = \frac{1,495}{2} = 0,7475 \text{ KN/m}$$

$$M_u = \frac{P_u}{2} \cdot 0,6 + \frac{q}{2} L^2 = \frac{70}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,7475}{8} \cdot 2^2 = 21,3738 \text{ KNm}$$

$$M_u \geq M_n = 13,350 \text{ KNm}$$

5. Sampel balok mutu normal dengan menggunakan tulangan geser minimum

(N-1DTG)

Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh Beton adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_{c \cdot b \cdot d}} = \frac{1}{6} \sqrt{23,08 \cdot 150 \cdot 147 \cdot 10^{-3}} = 17,655 \text{ KN}$$

Gaya geser akibat beban luar adalah

$V_u = 7000 \text{ kg}$ (beban maksimum)

$$V_u = \frac{1}{2} P_u = \frac{1}{2} \cdot 7000 = 3500 \text{ kg} = 35 \text{ KN}$$

Penampang kritis pertama adalah pada jarak $d = 14,7 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok (setengah bentang 100 cm)

$$\frac{100 - 14,7}{100} \cdot 35 = 29,855 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 17,655 = 10,593 \text{ KN} < V_u = 29,855 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah

$$W = 140,5 \text{ kg} = 1,405 \text{ KN}$$

$$q = \frac{1,405}{2} = 0,7025 \text{ KN/m}$$

$$M_u = \frac{P_u}{2} \cdot 0,6 + \frac{q}{2} L^2 = \frac{70}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,7025}{8} \cdot 2^2 = 21,3125 \text{ KNm}$$

$$M_u \geq \phi M_n = 13,350 \text{ KNm.}$$

6. Sampel balok mutu normal dengan menggunakan tulangan geser minimum

(N-2DTG)

Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh Beton adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{23,08} \cdot 150 \cdot 147 \cdot 10^{-3} = 17,655 \text{ KN}$$

Gaya geser akibat beban luar adalah

$P_u = 7000 \text{ kg}$ (beban maksimum)

$$V_u = \frac{1}{2} P_u = \frac{1}{2} \cdot 7000 = 3500 \text{ kg} = 35 \text{ KN}$$

Penampang kritis pertama adalah pada jarak $d = 14,7 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok (setengah bentang 100 cm)

$$\frac{100 - 14,7}{100} \cdot 35 = 29,855 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 17,655 = 10,593 \text{ KN} < V_u = 29,855 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah

$$W = 141,5 \text{ kg} = 1,415 \text{ KN}$$

$$q = \frac{1,415}{2} = 0,7075 \text{ KN/m}$$

$$M_u = \frac{P_u}{2} \cdot 0,6 + \frac{q}{2} L^2 = \frac{70}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,7075}{8} \cdot 2^2 = 21,35375 \text{ KNm}$$

$$M_u > \phi M_n = 13,350 \text{ KNm.}$$

7. Sampel balok mutu normal tanpa menggunakan tulangan geser minimum

(N-3TTG)

Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh Beton adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{23,08} \cdot 150 \cdot 147 \cdot 10^{-3} = 17,655 \text{ KN}$$

Gaya geser akibat beban luar adalah

$P_u = 5500 \text{ kg}$ (beban maksimum)

$$V_u = \frac{1}{2} P_u = \frac{1}{2} \cdot 5500 = 2750 \text{ kg} = 27,5 \text{ KN}$$

Penampang kritis pertama adalah pada jarak $d = 14,7 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok (setengah bentang 100 cm)

$$\frac{100 - 14,7}{100} \cdot 27,5 = 23,4575 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 17,655 = 10,593 \text{ KN} \leq V_u = 23,4575 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah

$$W = 145 \text{ kg} = 1,45 \text{ KN}$$

$$q = \frac{1,45}{2} = 0,725 \text{ KN/m}$$

$$M_u = \frac{P_u}{2} \cdot 0,6 + \frac{q}{2} L^2 = \frac{55}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,725}{8} \cdot 2^2 = 16,8625 \text{ KNm}$$

$$M_u \geq \phi M_n = 13,350 \text{ KNm}$$

8. Sampel balok mutu normal tanpa menggunakan tulangan geser minimum

(N-4TTG)

Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh Beton adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_{c,b}} \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{23,08 \cdot 150 \cdot 147 \cdot 10^{-3}} = 17,655 \text{ KN}$$

Gaya geser akibat beban luar adalah

$P_u = 6500 \text{ kg}$ (beban maksimum)

$$V_u = \frac{1}{2} P_u = \frac{1}{2} \cdot 6500 = 3250 \text{ kg} = 32,5 \text{ KN}$$

Penampang kritis pertama adalah pada jarak $d = 14,7 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok (setengah bentang 100 cm)

$$\frac{100 - 14,7}{100} \cdot 32,5 = 27,7225 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 17,655 = 10,593 \text{ KN} < V_u = 27,7225 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah

$$W = 144 \text{ kg} = 1,44 \text{ KN}$$

$$q = \frac{1,44}{2} = 0,72 \text{ KN/m}$$

$$M_u = \frac{P_u}{2} \cdot 0,6 + \frac{q}{2} L^2 = \frac{65}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,72}{8} \cdot 2^2 = 19,86 \text{ KNm}$$

$$M_u \geq \phi M_n = 13,350 \text{ KNm.}$$

5.4 Pembahasan

Pembahasan didasarkan pada hasil percobaan. Dari data diatas dapat diamati sejauh mana kemampuan tulangan geser minimum dalam menahan beban yang terjadi dalam balok mutu tinggi dan balok mutu normal dengan tulangan geser minimum dengan jarak maksimum ($d/2$) dan tanpa tulangan geser minimum.

Sebelum dilaksanakan pengujian balok dilaksanakan terlebih dahulu pengujian terhadap kuat tarik tulangan, diperoleh tegangan leleh rata-rata tulangan ϕ_{12}

dan ϕ_6 adalah sebesar 237,67 Mpa (Tabel 5.1) . Dengan mutu baja sebesar itu maka baja tergolong baja mutu rendah. Pada pengujian kuat desak beton ditentukan dengan uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm baik beton mutu normal dan beton mutu tinggi yang dirawat dengan kondisi standart laboratorium dan dilakukan pengujian kuat desak silinder beton setelah berumur 28 hari diperoleh hasil untuk beton mutu normal kuat tekan beton rata-rata ($f'_c=23,08$ Mpa) dan untuk beton mutu tinggi diperoleh kuat tekan beton rata-rata ($f'_c=41,74$ Mpa) (Tabel 5.2).

Pada pengujian balok sebagai pembanding balok beton mutu normal dan balok beton mutu tinggi, masing-masing mempunyai variasi yaitu dengan menggunakan tulangan sengkang minimum dengan jarak sengkang vertikal maksimum untuk beton non pratekan (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.5 ayat 4) yaitu sebesar $d/2$ dan tanpa tulangan geser.

Pada beberapa sampel terjadi ketidak seragaman kekuatan benda uji dalam menahan gaya geser meskipun tulangan yang dipakai sama, hal ini terjadi karena beberapa faktor antara lain monolitas antara agregat dan tulangan tidak sama, mutu beton pada balok yang tidak seragam dikarenakan dalam pengecoran setiap balok tidak dapat sekaligus karena kapasitas molen yang digunakan lebih kecil dibandingkan kapasitas balok, pemadatan balok yang tidak merata pada setiap sampel mengakibatkan balok yang mempunyai banyak rongga (keropos) dapat menurunkan kekuatannya, dan juga dapat disebabkan sampel benda uji yang kurang rata sehingga

ketika diadakan pengujian pada balok, beban yang diterima tidak merata ditahan oleh balok sampel.

Pada pengujian juga terlihat, bahwa beton bertulang telah mengalami retak pertama (retak-retak rambut) karena lentur sampai retak melebar menuju daerah tekan sampai beban maksimum ternyata balok masih mampu menahan gaya geser yang dapat ditahan oleh tulangan geser, sehingga balok yang menahan beban maksimum tidak mengalami keruntuhan secara tiba-tiba (brittle). Pada beberapa sampel balok terdapat pola retak yang disebabkan oleh gaya geser, yaitu retak yang menjalar dari tumpuan berarah diagonal menuju daerah tertekan dan runtuh secara tiba-tiba (getas) setelah balok menerima beban maksimum.

5.5 Perilaku Geser Pada Balok Beton Dengan Tulangan Geser Minimum

Perilaku geser pada balok beton dengan tulangan geser minimum pada beton mutu normal ($f_c=23,08$ Mpa) retak –retak rambut pertama timbul pada beban 2,5 ton yang disebabkan oleh lentur yaitu retak vertikal di tengah bentang yang menjalar ke daerah tekan kemudian diikuti retak-retak rambut arah diagonal ($\leq 45^\circ$) pada daerah yang tegangan geser lebih besar atau sama dengan besar momen yang terjadi (pada jarak $1,5d$ sampai $2d$) yang menjalar menuju daerah tekan (Gambar 5.13). Adapun beban ekstrim yang teramati, yaitu beban maksimum yang ditahan balok sebesar 7 ton (Tabel 5.5). Sedangkan pada beton mutu tinggi ($f_c=41,74$ Mpa) retak-retak rambut pertama timbul pada beban 3,5 ton yang disebabkan oleh lentur yaitu retak

vertikal di tengah bentang yang menjalar ke daerah tekan (Gambar 5.11) kemudian diikuti retak- retak rambut arah diagonal ($\leq 45^\circ$) pada daerah yang tegangan geser lebih besar atau sama dengan besar momen yang terjadi (pada jarak $1,5d$ sampai $2d$) yang menjalar menuju daerah tekan (Gambar 5.11). Adapun beban ekstrim yang teramati, yaitu beban maksimum yang ditahan balok sebesar 8 ton (Tabel 5.3)

Dari (Gambar 5.9) dapat dilihat bahwa kemampuan dan defleksi balok mutu normal dengan tulangan geser minimum dibandingkan dengan balok mutu tinggi dengan tulangan geser minimum memperlihatkan bahwa balok dengan mutu lebih tinggi mempunyai kekuatan dan defleksi lebih besar dibandingkan balok dengan mutu normal, keduanya mempunyai cadangan kekuatan yang cukup untuk dapat menahan gaya geser yang timbul sehingga balok tidak runtuh karena geser tapi runtuh karena lentur.

5.6 Perilaku Balok Tanpa Tulangan Geser

Perilaku geser pada balok beton tanpa tulangan geser minimum pada beton mutu normal ($f'_c=23,08$ Mpa) retak –retak rambut pertama timbul pada beban 2 ton, retak ini terjadi hampir diseluruh balok tetapi retak yang signifikan terjadi pada daerah perletakan yaitu berupa retak arah diagonal ($\leq 45^\circ$) menuju daerah tekan sepanjang bentang geser (a) yaitu dari tumpuan sampai ke peletakan beban, ketika balok mencapai beban maksimum (5,5 ton) tiba-tiba balok runtuh pada daerah perletakan (Gambar 5.14) tanpa adanya peringatan terlebih dahulu (getas) atau

ditandai dengan membesarnya lendutan secara tiba-tiba terutama pada daerah bentang geser

Perilaku geser pada balok beton tanpa tulangan geser minimum pada beton mutu tinggi ($f'_c=41,74$ Mpa) retak –retak rambut pertama timbul pada beban 3 ton, retak ini terjadi hampir diseluruh balok tetapi retak yang signifikan terjadi pada daerah perletakan yaitu berupa retak arah diagonal ($\leq 45^\circ$) menuju daerah tekan sepanjang bentang geser (a) yaitu dari tumpuan sampai ke peletakan beban, ketika balok mencapai beban maksimum (7 ton) tiba-tiba balok runtuh pada daerah perletakan (Gambar 5.12) tanpa adanya peringatan terlebih dahulu (getas) atau ditandai dengan membesarnya lendutan secara tiba-tiba terutama pada daerah bentang geser

Dari (Gambar 5.10) dan keterangan di atas dapat dilihat bahwa beton yang mempunyai kekuatan yang lebih tinggi (mutu tinggi) ternyata masih mampu menahan beban dan memiliki cadangan kekuatan lebih baik dibanding beton mutu normal dapat dilihat dari lendutan yang terjadi lebih besar sebelum terjadi keruntuhan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian diperoleh data dari masing –masing balok uji yang dapat diambil kesimpulan mengenai perilaku balok dengan tulangan geser minimum pada balok mutu normal dan balok mutu tinggi.

1. Pola retak yang terjadi pada balok beton mutu tinggi dan mutu normal, menunjukkan kegagalan geser terjadi di daerah tumpuan sedangkan retak lentur terjadi di tengah bentang.
2. Dari hasil hitungan analisis balok beton mutu tinggi dan mutu normal menunjukkan kapasitas lentur lebih besar dari kapasitas geser sehingga keruntuhan adalah kegagalan geser tetapi dari hasil penelitian yang terjadi adalah kegagalan lentur, ini disebabkan karena $a/d \geq 2,5$.
3. Kemampuan balok beton mutu tinggi dalam menahan gaya lentur sebesar 70-80 KN dan gaya geser sebesar 35-40 KN lebih besar dibandingkan balok mutu normal yang hanya mampu menahan gaya lentur sebesar 55 –70 KN dan gaya geser sebesar 27,5-35 KN.
4. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa balok beton mutu tinggi dan mutu normal dengan menggunakan tulangan geser minimum dengan jarak sengkang

maksimum ($d/2$) ternyata masih mampu menahan gaya geser yang terjadi hal ini dapat dilihat dari keruntuhan balok yang terjadi yaitu runtuh karena lentur.

6.2 Saran

Untuk lebih sempurnanya hasil penelitian ini, maka perlu diperhatikan saran – saran berikut ini :

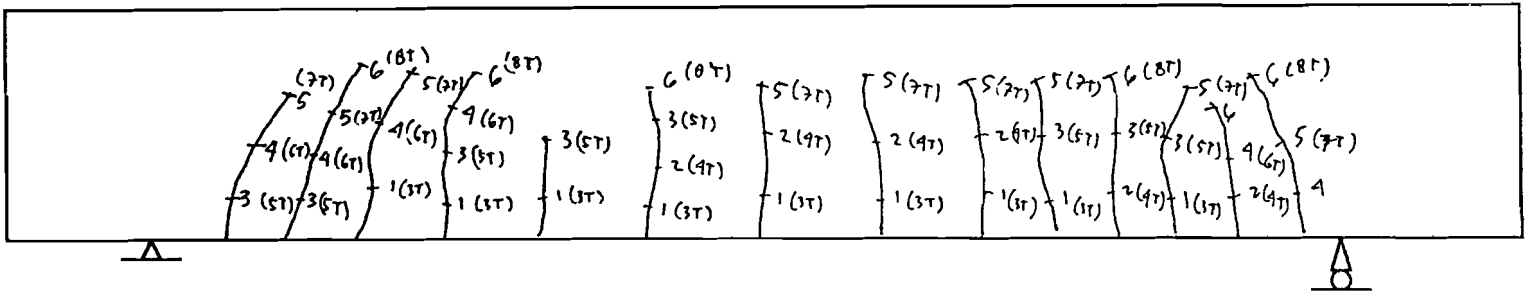
1. Bahan-bahan digunakan dalam campuran beton digunakan bahan dengan kualitas terbaik sehingga mutu beton yang diinginkan dapat tercapai
2. Pada saat pembuatan benda uji sebaiknya campuran beton dibuat dalam satu adukan sehingga diperoleh adukan beton yang seragam.
3. Pada pembuatan sampel balok, perlu diperhataikan rata dasar acuan dan bagian atas balok pada saat pengecoran sehingga diperoleh balok rata pada saat pengujian.
4. Pada saat pengujian perlu diperhatikan ketelitian dan kecermatan dengan cara pertambahan beban tiap 100 kg atau 250 kg sehingga dalam pengamatan beban dan retakan yang terjadi diperoleh hasil yang valid.
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, dengan mutu beton yang lebih tinggi lagi sehingga hasil penelitian akan lebih baik.
6. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pengaruh variasi panjang bentang (a/l), variasi bentang geser (a/d), dan lebar balok dan panjang bentang (b/l) pada balok mutu tinggi.

7. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang hubungan dan pengaruh momen lentur dengan geser pada balok beton mutu tinggi.
8. Perlu dipikirkan tentang perlengkapan alat uji, dan pengadaan alat geser murni pada balok pada laboratorium struktur Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII untuk mengembangkan kajian studi tentang geser selanjutnya.

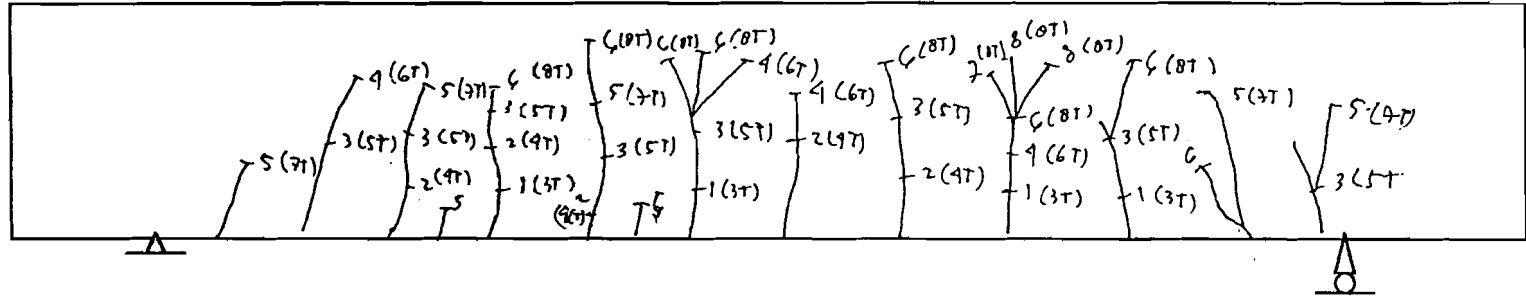
DAFTAR PUSTAKA

- Dipohusodo, I., 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- George Winter and Nilson H. Nilson, 1997, **DESIGN OF CONCRETES STRUCTURES**, Eleventh Edition, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- Macgregor, J.G., 1997, **REINFORCED CONCRETE MECHANICS AND DESIGN**, International Edition, Prentice-Hall International, In. United States of America.
- Nawy, E.G., 1990, **BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR**, PT. Eresco, Bandung.
- Wahyudi, L., Rahim, S.A., 1997, **STRUKTUR BETON BERTULANG STANDART BARU SNI-T15-1991-03**, PT. Gramedia pustaka Utama, Jakarta.
- W.C. Vis dan Gideon Kusuma, 1994, **DASAR – DASAR PERENCANAAN BETON BERTULANG BERDASARKAN SKSNI T-15-1991-03**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Yoon, Cook, W.P., and Mitchel, D., 1996, **MINIMUM SHEAR REINFORCEMENT IN NORMAL, MEDIUM, AND HIGH STRENGTH CONCRETE BEAMS**, ACI Struktural Journal, September-Oktober.

LAMP IRAN

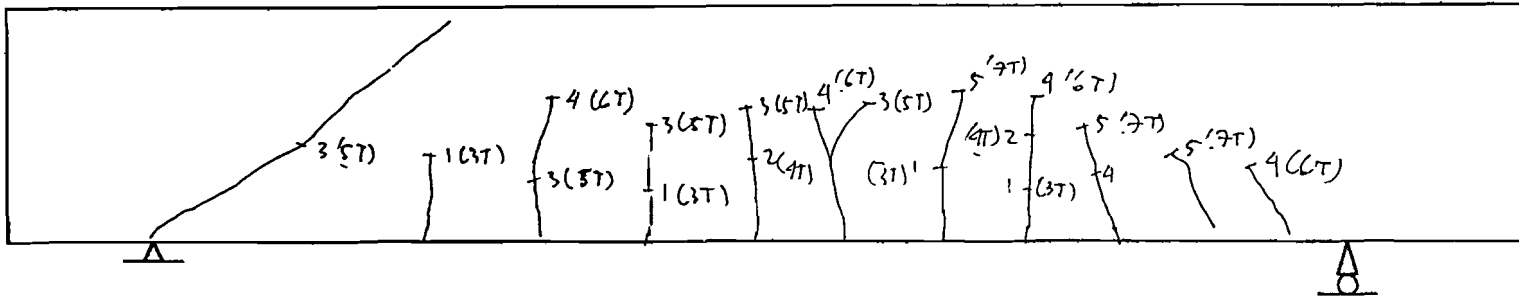


Tampak muka balok Kode H-1DTG

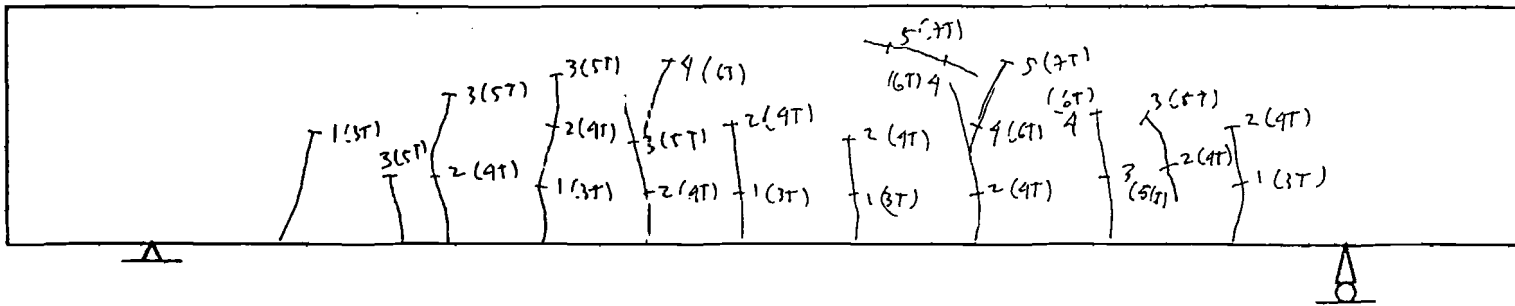


Tampak muka balok Kode H-2DTG

Gambar 1 Pola retak yang terjadi pada balok mutu tinggi dengan tulangan geser minimum setelah pembebanan

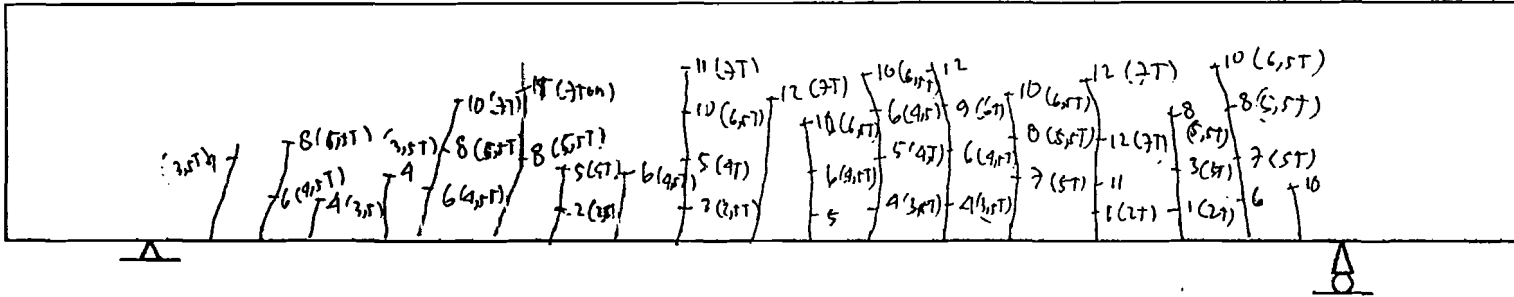


Tampak muka balok Kode H-3TTG

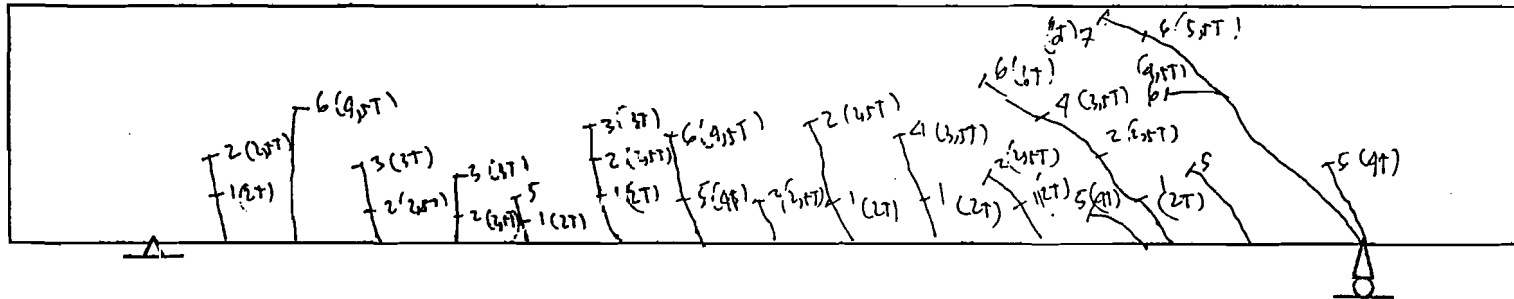


Tampak muka balok Kode H-4TTG

Gambar 2 Pola retak yang terjadi pada balok mutu tinggi tanpa tulangan geser setelah pembebanan

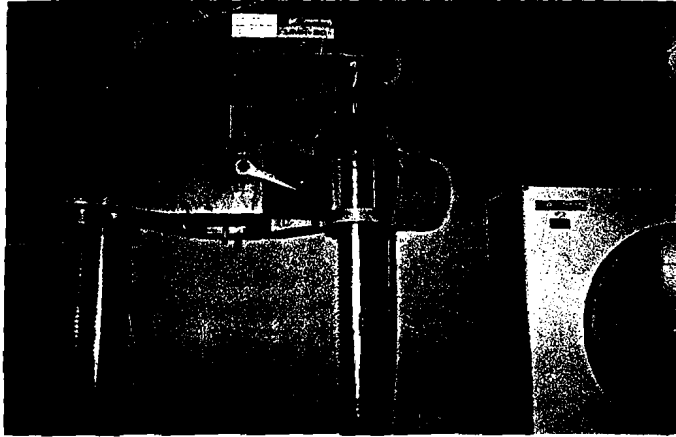


Tampak muka balok Kode N-3TTG

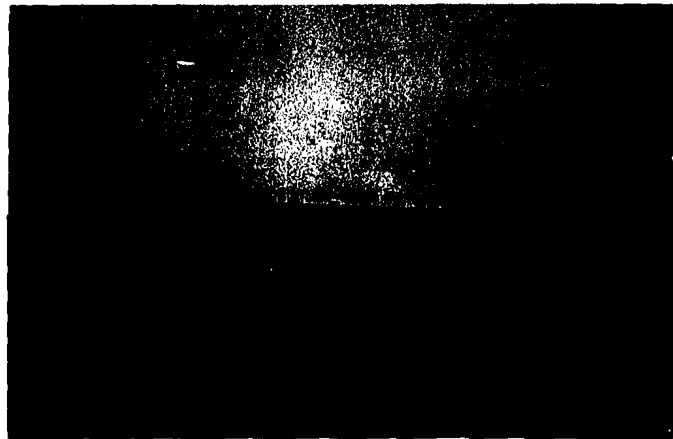


Tampak muka balok Kode N-4TTG

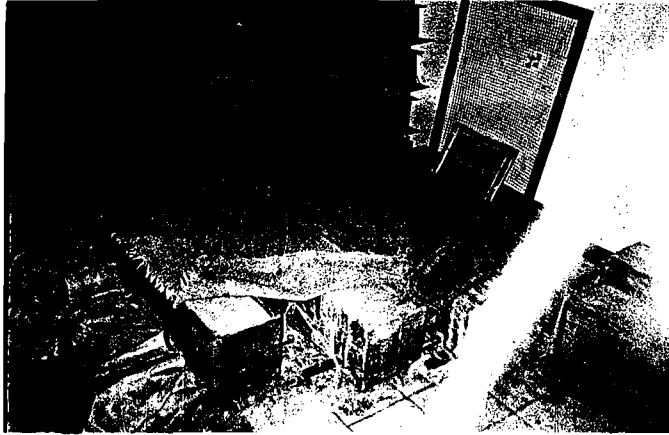
Gambar 4 Pola retak yang terjadi pada balok mutu normal tanpa tulangan geser setelah pembebanan



Gambar 5 Pengujian kuat tarik baja



Gambar 6 Pembuatan benda uji balok



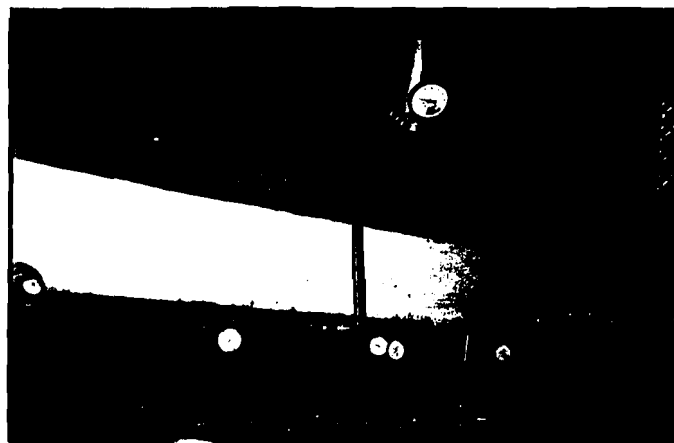
Gambar 7 Perawatan benda uji balok



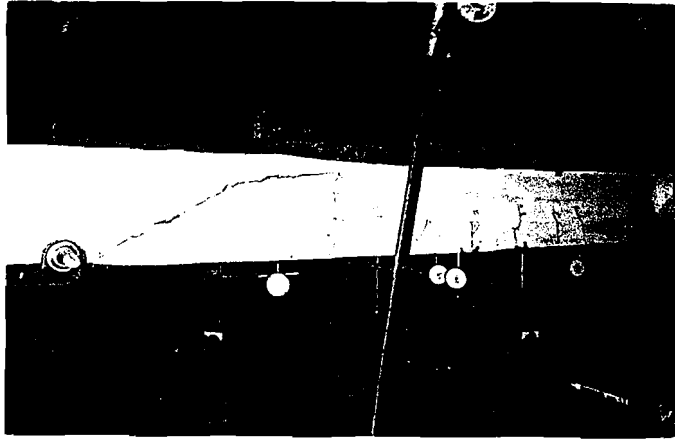
Gambar 8 Pengujian kuat desak silinder beton



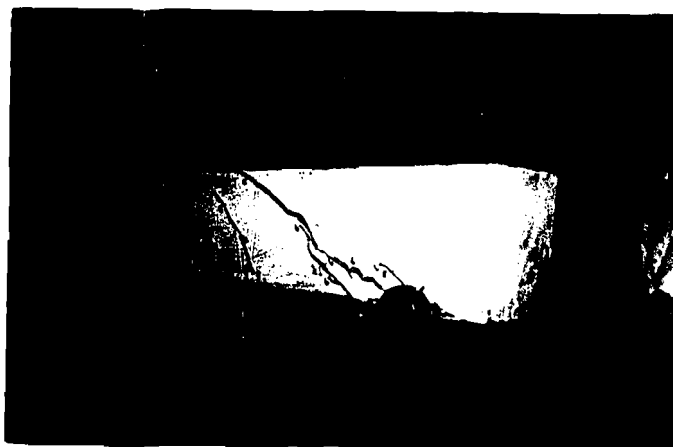
Gambar 9 Silinder beton setelah mengalami penujian



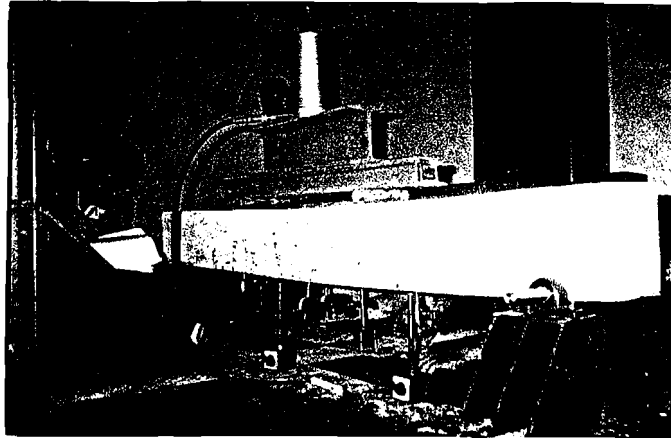
Gambar 10 Persiapan Pengujian lentur dan geser pada balok uji



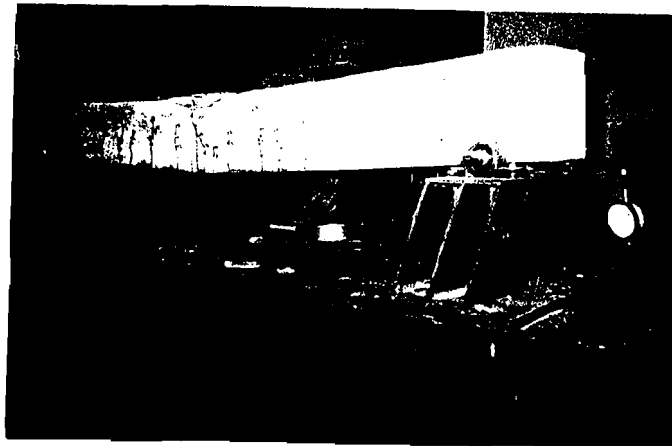
Gambar 11 Balok mutu tinggi tanpa tulangan geser mengalami kegagalan geser



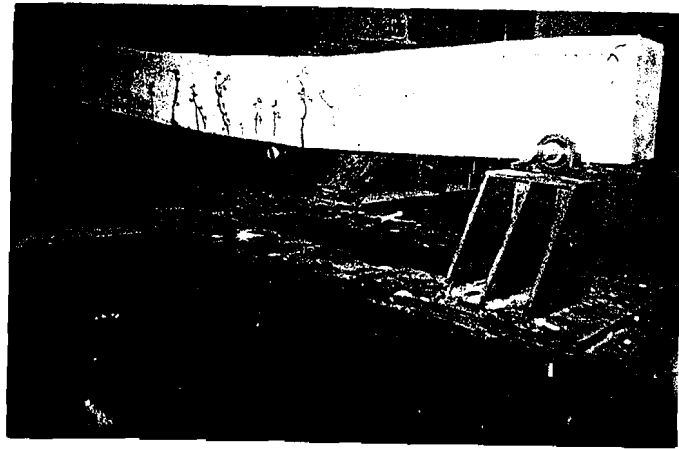
Gambar 12 Balok mutu normal tanpa tulangan geser mengalami kegagalan geser



Gambar 13 Pencatatan data ketika berlangsung pengujian balok

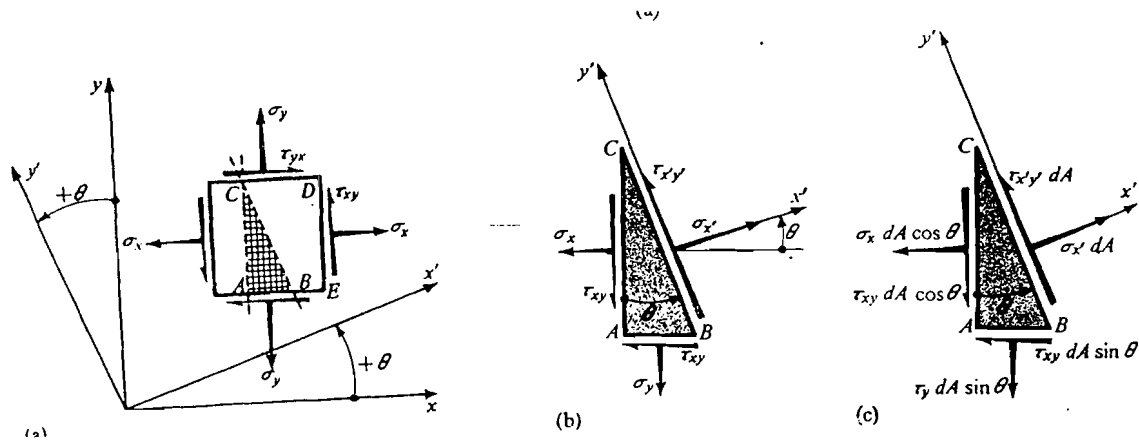


Gambar 14 Balok mutu tinggi dengan tulangan geser minimum mengalami kegagalan lentur



Gambar 15 Balok mutu normal dengan tulangan geser minimum mengalami kegagalan lentur

ANALISA TEGANGAN PADA BIDANG



Gambar 1 Elemen elemen untuk menurunkan rumus-rumus tegangan pada bidang miring
 Dari gambar diatas kemudian dengan menggunakan persamaan keseimbangan
 satatika untuk gaya yang bekerja pada pasak tersebut, maka diperoleh tegangan –
 tegangan $\sigma_{x'}$ dan $\tau_{x'y'}$:

$$\Sigma F_{x'}=0 \quad \sigma_{x'}dA=\sigma_x dA \cos \theta \cos \theta + \sigma_y dA \sin \theta \sin \theta + \tau_{xy}dA \cos \theta \sin \theta$$

$$+ \tau_{xy}dA \sin \theta \cos \theta$$

$$\sigma_{x'}=\sigma_x \cos^2 \theta + \sigma_y \sin^2 \theta + 2\tau_{xy} \sin \theta \cos \theta$$

$$=\sigma_x \frac{(1 + \cos 2\theta)}{2} + \sigma_y \frac{(1 - \cos 2\theta)}{2} + \tau_{xy} \sin 2\theta$$

$$\sigma_{x'} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta \dots\dots\dots(1)$$

dengan cara yang sama, dari $\Sigma F_{y'}=0$

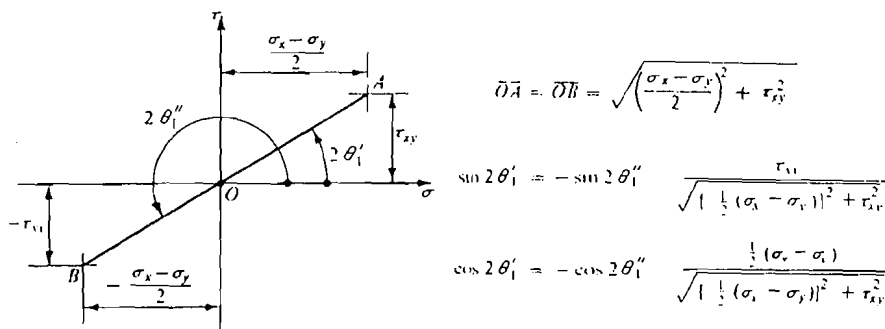
$$\tau_{x'y'} = - \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\theta + \tau_{xy} \cos 2\theta \dots\dots\dots(2)$$

Persamaan 1 dan 2 secara berturut turut adalah pernyataan umum untuk tegangan normal dan tegangan geser, pada bidang yang letaknya ditentukan oleh sudut θ dan yang disebabkan oleh suatu sistem tegangan yang diketahui.

Tegangan geser maksimum

Jika untuk sebuah elemen diketahui σ_x , σ_y , τ_{xy} , maka tegangan geser pada setiap bidang ditentukan oleh oleh suatu sudut θ yang diberikan oleh persamaan 2 dan persamaan 2 harus didifrensialkan terhadap sudut θ dan hasil defrensiasi disamakan dengan nol maka diperoleh hasil:

$$\tan 2\theta_2 = \frac{(\sigma_x - \sigma_y)/2}{\tau_{xy}} \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 2 Fungsi sudut untuk tegangan utama

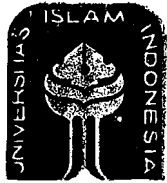
Substitusi fungsi-fungsi sinus dan cosinus yang berhubungan dengan sudut ganda yang diberikan oleh persamaan 3 ke persamaan 2 dengan mengganti harga sinus dan cosinus dari gambar 2 dapat ditentukan harga maksimum dan minimum dari tegangan geser. Yitu setelah disederhanakan adalah:

$$\tau_{\text{mak}} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \dots\dots\dots(4)$$

min

Berdasarkan prinsip keseimbangan, tegangan geser vertikal pada dua muka muka yang berseberangan akan sama besar tetapi arah kerjanya berlawanan. Apabila hanya kedua tegangan tersebut yang timbul dan bekerja dapat dipastikan bahwa elemen akan berputar. Maka dari itu, untuk mempertahankan keseimbangan harus ada gaya geser yang bekerja pada permukaan horisontal yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan terhadap tegangan geser vertikal.

Dengan bekerjanya gaya geser pada balok akan menimbulkan tegangan tarik di tempat garis netral dengan arah kerja membentuk sudut 45° terhadap garis horisontal. Tegangan tarik tersebut sama besarnya dengan tegangan geser, dan pada perencanaan ataupun analisis diperhitungkan sebagai gaya tarik diagonal yang pada intensitas tertentu dapat mengakibatkan retak miring pada beton. Dengan demikian, permulaan dan perkembangan retak miring tergantung pada besar relatif tegangan geser dan tegangan lentur.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

Propose 1 de
 TA 3 de

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	HERI PURWANTO	95 310 142		TSS
2.	CHOLIS YUDIANTO	95 310 308		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR : **..PENULANGAN GESER (SHEAR
 REINFORCEMENT) MINIMUM PADA BALOK BETON NORMAL DAN
 MUTU TINGGI**

Dosen Pembimbing I : **IR.H.SUSASTRAWAN, MS**
 Dosen Pembimbing II : **IR.SUHARYATMO, MT**



Yogyakarta, 31 Jan. 2000
 An. Bekan,
 Ketua Jurusan Teknik Sipil,
 IR. H. TADJUDDIN BM ARIS, MS



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi

JUDUL TUGAS AKHIR :

.....

.....

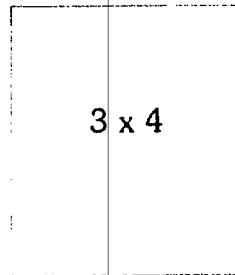
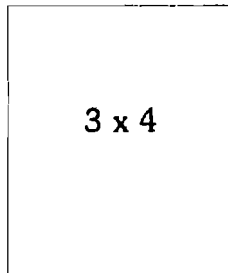
Dosen Pembimbing I :

Dosen Pembimbing II :

1

2


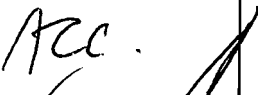



Yogyakarta,
D e k a n,



CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
-	13-6-2008 19-6-2008		Perbaiki Grafik nya Perbaiki dan sempuntakan Gedung	SM. SM.

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
1	7/2/00		→ Perbaiki Proposal sesuai petunjuk. → langsung konsultasi dg DPI mengenai pemb. benda uji (k)	
	7/2/00	ACC.		
	3/4/00	lanjutan selesai	lanjutan	
	10/5/00		dicari & berdasarkan gambar	
	26/5/00		Dicoba grafis M fungsi kelengk	
	28/5/00		Kesimpulan & perbaikan grafis	
	28/5/00		Kesimpulan diperbaiki	
	2/6/00		ber dapat ditunjukkan ke DPI	

Cano